DAVID CALLE

ILE WAŻĄ CHMURY?

ORAZ INNE PROSTE PYTANIA
I NAUKOWE ODPOWIEDZI

David Calle

ILE WAŻĄ CHMURY?

Oraz inne proste pytania i naukowe odpowiedzi

Przełożyła
Ewa Morycińska-Dzius

WYDAWNICTWO LITERACKIE

Spis treści

Karta redakcyjna

Motto

Wprowadzenie

1. Dlaczego twój sąsiad z parteru będzie żył dłużej niż ty?

2. W jakiej temperaturze wrze woda na szczycie Mount Everestu?

3. Ile megapikseli ma ludzkie oko?

4. Jakiego prawa fizyki nie spełniają statki z *Gwiezdnych wojen*?

5. Fani liczby pi

6. Dajcie mi punkt podparcia, a poruszę Ziemię

7. Jakie jest prawdopodobieństwo zaprzyjaźnienia się z istotą spoza naszej planety?

8. Kolory nie istnieją

9. Ile słoni waży chmura?

10. My, mańkuci, nie jesteśmy rzadkością. No, może trochę

11. Geometryczne tajemnice brokułów

12. Jak moglibyśmy uciec z Ziemi?

13. Zakochane cząsteczki

14. Czy roboty nas zdominują?

15. Prawdy i kłamstwa na temat planety Ziemia

16. Dlaczego niebo jest błękitne?

17. Czy czas istnieje?

18. Dlaczego Wszechświat i twój pokój zawsze mają tendencje do straszliwego bałaganu?

19. Czy w przyszłości będziemy cyborgami?

20. Jaką maksymalną wysokość może osiągnąć zamek z piasku?

21. Jak należy klasyfikować domniemane cywilizacje istniejące w Drodze Mlecznej?

22. Co ma wspólnego benzyna bezołowiowa z wiekiem Ziemi?

23. Dlaczego Księżyc nas porzuca?

24. Jakiego koloru jest lustro?

25. Czy Juliusz Verne był jasnowidzem?

26. Ile by kosztowało wyniesienie piłki futbolowej w przestrzeń kosmiczną?

27. Tranzystor nie jest (tylko) radiem

28. Ile jabłek musiał zużyć Galileusz do doświadczeń z siłą ciężkości?

29. Jakie miejsca w znanym nam Wszechświecie są najzimniejsze, a jakie najcieplejsze?

30. Co wspólnego mają ze sobą LSD i serendypność?

31. Czasoprzestrzeń wibruje

32. Czy jesteś człowiekiem o umyśle ścisłym, czy artystycznym?

33. Ile trzeba pająków, żeby zahamować boeinga 747?

34. Co wspólnego mają ze sobą wiatraki i samochód z serialu *Nieustraszony*?

35. Nauka jest również domeną kobiet

36. Co nastąpi z chwilą odwrócenia się biegunów Ziemi?

37. Jak chodzić po wodzie?

38. Dlaczego Ziemia się ociepla?

39. Jak będą wyglądały mapy przyszłości?

40. Wszystko, czego nie dostrzegamy we Wszechświecie

Przypisy

Tytuł oryginału: ¿CUÁNTO PESAN LAS NUBES?
Y OTRAS SENCILLAS PREGUNTAS Y SUS RESPUESTAS CIENTÍFICAS

Opieka redakcyjna: ANDRZEJ STAŃCZYK
Redakcja: MICHAŁ STACHOWSKI
Konsultacja: MICHAŁ BEJGER
Korekta: ANNA RUDNICKA, JOLANTA STAL, ANETA TKACZYK
Projekt okładki i stron tytułowych: ROBERT KLEEMANN
Redakcja techniczna: ROBERT GĘBUŚ

© 2018, David Calle Parrilla
© 2018, Penguin Random House Grupo Editorial, S. A. U.
© Copyright for the Polish translation by Wydawnictwo Literackie, 2019
© Copyright for this edition by Wydawnictwo Literackie, 2019

Wydanie pierwsze

ISBN 978-83-08-06766-6

Wydawnictwo Literackie Sp. z o.o.
ul. Długa 1, 31-147 Kraków
tel. (+48 12) 619 27 70
fax. (+48 12) 430 00 96
bezpłatna linia telefoniczna: 800 42 10 40
e-mail: ksiegarnia@wydawnictwoliterackie.pl
Księgarnia internetowa: www.wydawnictwoliterackie.pl

Konwersja: eLitera s.c.

Dla tych, którzy wiecznie zadają pytania.

Dla Cristiny, która wydała tę książkę, i dla Sergia, zawsze będącego dla mnie wsparciem.

Bez ich pomocy (i pomocy tych, którzy w pewien sposób stanowią jej część) ta książka nie mogłaby powstać.

Dla wszystkich, których spotkałem na swojej drodze i którzy mnie czegoś nauczyli.

Dla 99% osób, o których wspominam w tej książce, ponieważ one wszystkie służyły mi lub służą inspiracją.

Dla wszystkich tych, o których nie wspominam, a którzy mnie bez wątpienia kochają i zawsze są przy mnie.

A przede wszystkim dla moich uczniów, zawsze na miejscu, głównych bohaterów tej przygody.

Marzę o tym, że pewnego dnia znajdziecie odpowiedź na miliony problemów, których dotychczas nikt nie rozwiązał.

Istnieję, ponieważ wszyscy istniejemy.
#somosunicoos

Wprowadzenie

> Nauczyłem się rozkoszować pejzażem, pieśnią.
> Filmem. Chwilą spędzoną z osobą, którą kocham.
> Nie mam zamiaru tego zmieniać. Nie mam pojęcia,
> ile sekund mi jeszcze pozostało. Ale z pewnością
> będą pasjonujące.
>
> Rúa López Mora,
> *WYCISKAJĄC SEKUNDY*[1]

Gdyby życie we Wszechświecie sprowadzić do jednego roku, okazałoby się, że istota ludzka zamieszkała go dopiero podczas ostatniej sekundy. Dla nas w rzeczywistości oznacza to tysiąclecia. Czas jest pojęciem względnym, podobnie jak tyle innych rzeczy. Jeżeli twoje życie jest długie i szczęśliwe – i oby takie było – przeżyjesz ponad dwa miliardy sekund… aczkolwiek, jedną trzecią tych sekund spędzisz we śnie. Resztę, bo to już chyba aż za dużo czasu na spanie, spędzisz na jawie, przeżyjesz je, wykorzystasz. Bo te chwile mogą być pasjonujące.

Przeczytanie tej książki zajmie ci 0,0005% życia, czyli od 7200 do 14 400 sekund. Mniej więcej tyle, ile trwa *Blade Runner 2049* (2017) czy oryginalna trylogia *Gwiezdne wojny*. Jeżeli przeczytasz ją znów po kilku latach, niektóre ze spraw, teraz traktowane jako pewne, a nawet niezmienne, wtedy już mogą nie mieć sensu. Nic nie trwa wiecznie, nic nie jest stałe. „Jedyną stałą rzeczą jest zmiana", jak dwa i pół tysiąca lat temu przepowiedział Heraklit. To właśnie jest cudowne w nauce, która

nieustannie idzie naprzód, dzień po dniu, dzięki niezmordowanej pracy, pracy twórczej, a czasem nawet genialnej, tysięcy ludzi, poświęcających życie studiom. Tych ludzi, do których obyś – kto wie, może któregoś dnia, jeśli teraz studiujesz – w końcu też dołączył.

„Jeżeli szukasz rozmaitych wyników, nie powtarzaj stale tego samego", powiedział Einstein. W ten sposób w niekonformistycznym poszukiwaniu odpowiedzi w ostatnich stuleciach, a zwłaszcza w ostatnich dwóch dekadach, zbudowano i ukształtowano podstawy niepowstrzymanego postępu technicznego naszej cywilizacji – podczas gdy wiele pytań nadal pozostaje bez odpowiedzi. Nie było ani jednego filmu science fiction, jaki oglądałem w dzieciństwie, z którego bym nie wychodził zachwycony scenami akcji i efektami specjalnymi, ale przede wszystkim z którego bym nie wychodził, zadając sobie jakieś pytanie. A dzisiaj fascynuje mnie bardziej to, co przedstawiają takie filmy jak *Interstellar* (2014) czy serial w rodzaju *Czarnego lustra* (2011), niż sama akcja. Dlatego byłem takim zapaleńcem, dlatego pewnie ostatecznie zostałem inżynierem, a następnie nauczycielem matematyki i fizyki. Na niektóre z pytań znalazłem odpowiedzi, zwracając się do ludzi, którzy wiedzą więcej ode mnie – a tych jest wszak cała masa! Na inne – w bibliotece lub w Internecie, w zależności od epoki, bo przecież mam już swoje lata. Ale wiele z pewnością wciąż, mimo iż bardzo się starałem, pozostało zagadką, a może nawet nie zdołałem ich zrozumieć (zdaję sobie sprawę z własnych ograniczeń, które są niezliczone; jestem tylko belfrem…). Zawsze jednak uczę się czegoś przy okazji, choć może niezbyt dużo; to właśnie jest fascynujące, ta gotowość do stawienia czoła kolejnemu wyzwaniu. Albo… kiedy chcę coś zobrazować swoim studentom, często się uciekam do opowiedzenia im jakiejś anegdotki. Zawsze się udaje.

Dlatego poza tym, że zamierzam ci w tej książce ofiarować czterdzieści odpowiedzi – które być może już znasz – chciałbym, żeby to był dla ciebie początek szalonych poszukiwań przyczyn wszystkiego, co się dzieje wokół nas, i żebyś się nie zadowolił moimi odpowiedziami, bo przecież nic nie jest ustalone na zawsze. Takie jest moje marzenie. Chciałbym być w jakiś sposób pomocny, zainspirować cię do samodzielnego myślenia, podsunąć ci coś na twoje lekcje, jeżeli jesteś

nauczycielem, albo po prostu skłonić cię do zadawania pytań – wszystkich, jakie możesz postawić. I do szukania odpowiedzi bez wzywania bogów z Olimpu, którzy mogliby ci zawsze jej udzielić: będzie ona mitologiczna, będzie fascynująca, ale z pewnością nie naukowa.

Chociaż... to od nich pochodzą nazwy konstelacji i planet...

1
Dlaczego twój sąsiad z parteru będzie żył dłużej niż ty?

Spójrz na zegar: tik-tak, tik-tak… cały czas posuwa się naprzód w tym samym rytmie, niezmiennie, wojskowym krokiem. Tik-tak, tik-tak. Wszystkie zegary idą tak samo, nieważne, co ktoś robi, w jakim jest akurat miejscu czy z jaką prędkością podróżuje. Nasze zmysły mówią nam, że żyjemy w takim Wszechświecie, jaki opisuje fizyka Newtona, w której współrzędne przestrzeni kosmicznej i współrzędna czasu są od siebie niezależne. Czas posuwa się na ślepo, jakby go nic więcej nie obchodziło; nie podlega niczemu. Tik-tak, tik-tak…

Ale tak mówią nam nasze zmysły, a tym nie możemy w pełni zaufać. Prawdę mówiąc, w rzeczywistości, którą badają naukowcy, czas nie jest czymś całkowicie sztywnym, ale czymś zmiennym, co daje się modelować. To właśnie odkrył genialny fizyk Albert Einstein (najważniejsza osobowość XX w. według magazynu „Time", a także – znana głównie ze swojego wizerunku z rozwichrzonymi włosami i wysuniętym językiem – ikona nauki w powszechnej wyobraźni) w swojej szczególnej teorii względności, ogłoszonej w roku 1905, zwanym „rokiem cudu" Einsteina ze względu na liczbę rewolucyjnych odkryć, jakie ten uczony wniósł do świadomości naukowej.

Einstein potrafił dostrzec, że upływ czasu może być różny – na przykład dla dwóch osób jadących z różnymi prędkościami. Powiedzmy: jeżeli ja stoję, a ty odjeżdżasz na rowerze (środek transportu wyjątkowo lubiany przez Einsteina), tempo upływu czasu mierzone przez tego samego obserwatora będzie mniejsze dla ciebie niż dla mnie. Czas będzie mijał wolniej dla tego, kto jedzie rowerem; nazywamy to

„rozciąganiem w czasie". Dlaczego tego nie zauważamy? Dlatego, że jest to jeden z tak zwanych efektów względnych (względności) i pozwala ocenić tylko „prędkości względne", czyli zbliżone do prędkości światła.

Prędkość światła w próżni (około 300 000 kilometrów na sekundę), taka sama dla wszystkich, czy się poruszają, czy nie (zatem jest bezwzględna), i granice Wszechświata, których nie da się przekroczyć, to kamień węgielny, na którym opierają się prace Einsteina. Przy szybkościach normalnych (na przykład kiedy jedziemy na rowerze) różnica pomiędzy moim a twoim zegarem jest niezauważalna (ale istnieje).

Co się jednak stanie, jeśli jedno z dwojga będzie się poruszać szybkim statkiem kosmicznym? Otóż wydarzy się to, co zostało opisane jako tak zwany paradoks bliźniąt. Interesująca historia, którą zawsze opowiadają fizycy, aby opisać to zjawisko.

Wyobraźmy sobie dwóch braci bliźniaków na planecie Ziemia. Jeden z nich jest astronautą i udaje się w podróż po Wszechświecie potężnym statkiem kosmicznym, który osiąga prędkości zbliżone do prędkości światła. Ten drugi, mniej uwielbiający przygody, zostaje w domu i czeka na brata. Załóżmy, że bliźniak podróżnik dociera na gwiazdę najbliższą Ziemi, Alfa Centauri (odległą o jakieś cztery lata świetlne), lecąc z prędkością wynoszącą 80% prędkości światła.

Kiedy brat wraca na Ziemię, obaj ze zdziwieniem odkrywają, że chociaż w owym dniu, kiedy jeden z nich wyruszał w podróż, byli dokładnie w tym samym wieku (jako bliźnięta), to obecnie ten, który pozostał na Ziemi, jest starszy o cztery lata. Na Ziemi minęło dziesięć lat, natomiast na statku kosmicznym tylko sześć (kolejny z efektów względności to ten, że również odległość się skraca, tak więc dla astronauty nie tylko czas, ale i droga była krótsza). Z punktu widzenia tego samego obserwatora czas mijał dla każdego z braci w innym rytmie i podczas podróży bliźniak będący poszukiwaczem przygód świętował o cztery urodziny mniej. Prawdę mówiąc, gdyby podróż tego astronauty była dostatecznie długa, a prędkość wystarczająco duża, w chwili jego powrotu Ziemia mogłaby już zostać pochłonięta przez Słońce i zmieniona w gwiazdę typu czerwony olbrzym (co się ma stać za jakieś pięć miliardów lat).

Ostatecznie: podczas gdy prędkość światła jest wartością stałą, współrzędne – przestrzeń i czas – zmieniają się.

Skąd wiemy, że to wszystko prawda? Chociaż nie możemy jeszcze odbywać podróży międzygwiezdnych z tak ogromnymi prędkościami, już w 1971 roku naukowcy Joseph Hafele i Richard Keating przeprowadzili eksperyment, który to udowodnił.

Dokonali tego za pomocą dwóch atomowych zegarów z cezu (bardzo precyzyjnych) i samolotów latających w regularnych liniach lotniczych; jeden z zegarów podróżował samolotem najpierw na wschód, a następnie na zachód, podczas gdy drugi z wymienionych zegarów pozostawał w Obserwatorium Astronomicznym Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych w Waszyngtonie. Odkryli, że każdy z zegarów szedł w innym tempie, zgodnie z tym, co przepowiada szczególna teoria względności. Chociaż ta różnica była bardzo niewielka, zegary atomowe, które potrafią precyzyjnie mierzyć niezwykle krótkie odcinki czasu, były zdolne ją wykryć.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Zjawisko to można zaobserwować także za pomocą mionów, jak to zrobili Frisch i Smith w 1963 r. Miony są to cząstki elementarne, 207 razy cięższe niż elektron (również naładowane ujemnie), które wykrywa się w atmosferze po uderzeniu promieni kosmicznych. Średni czas życia jednego mionu, czyli okres, po którym w naturalny sposób rozpada się on na inne cząstki elementarne, wynosi 2,2 mikrosekundy. Frisch i Smith udowodnili, że na powierzchni ziemskiej można wykryć o wiele więcej mionów, niż się zdaje: tam, gdzie co godzinę miało się pojawiać 27 mionów (które już powinny były się rozpaść), pojawiało się ich 412. Wyjaśnienie tej zagadki tkwiło w tym, że dla mionów poruszających się z prędkością zbliżoną do prędkości światła czas obserwowany z powierzchni mijał wolniej. Tak samo jak bliźniak astronauta miony podróżnicy później się starzeją i również później ulegają rozpadowi. Dlatego docierają do ziemi w większych ilościach.

Ale to jeszcze nie wszystko. Einstein nadal pracował, aż doprowadził do powstania bardziej zaawansowanej teorii, którą nazwał ogólną teorią względności i przedstawił w 1916 roku. Opisuje ona Wszechświat w różnych skalach poprzez powiązanie siły grawitacyjnej z geometrią czasoprzestrzeni. Mówi nam o tzw. Big Bangu, o przyszłości Wszechświata, o czarnych dziurach… Jedną z jej konsekwencji jest to właśnie, że zegary chodzą wolniej – nie tylko wtedy, kiedy poruszają się z wielką prędkością, ale również, kiedy znajdą się w silniejszym polu grawitacyjnym. Na przykład będą szły wolniej w piwnicy niż na strychu, ponieważ pole grawitacyjne Ziemi zmniejsza się w miarę, jak oddalamy się od jej środka.

Dlatego, jeżeli mieszkasz na parterze, masz szczęście…

Znowu przypominam, że różnica pola grawitacyjnego jest tak maleńka, że nie jesteśmy w stanie zauważyć jej skutków w życiu codziennym. Natomiast z pewnością zauważają je astronauci w *Interstellar*. W jednej ze scen tego filmu grupa astronautów opuszcza główny statek kosmiczny, żeby zejść na tzw. planetę Millera, która znajduje się pod wpływem silnego pola grawitacyjnego supercięższej czarnej dziury o nazwie Gargantua, podczas gdy jeden z nich zostaje, żeby pilnować statku. Dla tych, którzy tam zeszli, minęła dosłownie chwila (co prawda chwila wypełniona niewiarygodną liczbą przygód – ale nie mam zamiaru psuć wam zabawy), jednak kiedy wracają na statek, stwierdzają, że kolega, którego tam zostawili, jest już staruszkiem. W ciągu każdej godziny spędzonej na planecie Millera na statku kosmicznym minęło ich aż siedem.

Ten sam efekt zaobserwowano na Ziemi, ustawiając precyzyjne zegary atomowe na rozmaitych wysokościach, dzięki czemu, zgodnie z teorią, wykryto pomiędzy nimi różnice liczone w nanosekundach (w istocie, aby właściwie działać, satelity systemu pozycjonowania GPS muszą mieć to zjawisko stale na uwadze). Dlatego kiedy znowu będziesz szukał dla siebie nowego mieszkania, przypomnij sobie starego Einsteina i jego teorię

Bo czas jest złotem – ale złotem płynnym. Tik-tak, tik-tak…

2

W jakiej temperaturze wrze woda na szczycie Mount Everestu?

Wszyscy uczyliśmy się na pamięć w szkole, że woda wrze w temperaturze 100°C. Do tej temperatury podgrzewamy wodę, żeby ugotować makaron albo zrobić zupkę z torebki. Ta odpowiedź nie jest jednak całkowicie prawdziwa. Jest raczej niekompletna. Jak to się często zdarza w nauce, niemal wszystko jest względne, i dlatego punkt wrzenia wody (czyli temperatura, w której woda się gotuje) zależy także od wielu innych czynników.

Pierwsze, o co powinniśmy spytać samych siebie, to: dlaczego płyn się gotuje? Płyn, czyli w tym wypadku woda, składa się z cząsteczek połączonych luźniej, nie tak mocno jak w ciele stałym (w naszym wypadku jest to lód, czyli woda w stanie stałym). „Temperatura" jest miarą drgań cząsteczek, z których wszystko się składa: im coś jest cieplejsze, tym większa wibracja (kiedy cząsteczki w ogóle już nie wibrują, mamy do czynienia z najniższą teoretycznie możliwą temperaturą, zerem absolutnym, czyli minus 273°C lub 0 stopni w skali Kelvina, chociaż zgodnie z zasadami termodynamiki i fizyki kwantowej tak niskiej temperatury nie można osiągnąć). Zatem kiedy coś wrze, czyli kiedy przechodzi ze stanu ciekłego w gazowy, to dlatego, że cząsteczki wibrują dostatecznie szybko, by pokonać siły wiążące je w płynie i zmienić stan skupienia na gazowy. Ze stanu, w którym cząsteczki H_2O są ze sobą (chociaż luźno) połączone, H_2O przechodzi w parę wodną, gdzie każda cząstka porusza się swobodnie w dostępnej przestrzeni.

Ale to zjawisko zawiera tajemnicę i jest w nim pewien trik. Po pierwsze: kiedy twierdzimy, że woda wrze w temperaturze 100°C, mówimy o wodzie idealnie czystej, destylowanej, w której nie jest rozpuszczona żadna inna substancja. Zazwyczaj woda, którą pijemy, zawiera rozmaite rozpuszczone substancje, o czym możemy się przekonać, czytając etykietę na butelce jakiejkolwiek wody mineralnej. Jej zawartość sprawdzi każde laboratorium badania wód mineralnych, a na etykiecie znajdziemy wapń, magnez, sód, żelazo, dwuwęglany, siarczany…

Na przykład zwyczajna sól, jakiej używamy w kuchni (NaCl), dodana w większej ilości podwyższy punkt wrzenia wody; to znaczy, że aby woda się zagotowała, należy podnieść jej temperaturę powyżej 100°C. Aby podnieść punkt wrzenia 1 litra wody o 1°C, potrzeba mniej więcej 58 gramów soli. Obniża się też w ten sposób punkt zamarzania, co oznacza, że słona woda zamarza w temperaturze poniżej 0°C. Dodane do wody jony soli utrudniają cząsteczkom wody tworzenie kryształów lodu. Dlatego właśnie w bardzo mroźne dni na drogi sypie się sól – aby uniknąć tworzenia się lodu i wypadków drogowych, jakich ten może stać się przyczyną.

Ponadto kiedy twierdzimy, że woda wrze w temperaturze 100°C, zazwyczaj mówimy o wodzie poddanej ciśnieniu jednej atmosfery, czyli mierzonemu na poziomie morza. Pamiętaj, że jesteśmy nieustająco poddawani ciśnieniu – i nie chodzi mi tu o podleganie grupom WhatsAppa. Wszyscy bez wyjątku wytrzymujemy to ciśnienie, które wytwarza ciężar powietrza atmosferycznego nad naszymi głowami. Niemniej, o ile niższe jest to ciśnienie, o tyle niższy punkt wrzenia płynów; inaczej mówiąc, łatwiej się gotują. Dlaczego? Ponieważ płyny składają się z cząsteczek, a niższe ciśnienie atmosferyczne pozwala na to, żeby owe cząsteczki odrywały się od siebie z większą łatwością. Atmosfera nie „więzi” cząsteczek wewnątrz płynu.

SZTUCZKA DLA BELFRÓW: (1 atmosfera = 760 mm Hg = 1,013 mbar = 101 325 Pa)

Paskale (Pa), nazwane tak na cześć Blaise'a Pascala (francuskiego matematyka i fizyka z XVII w.), są jednostką ciśnienia w międzynarodowym układzie SI. A te 760 milimetrów słupa rtęci (mm Hg) ma swoje uzasadnienie; problem w tym, że nie będziesz mógł tego pokazać w klasie, ponieważ rtęć będzie ci bardzo trudno zdobyć (jest wyjątkowo trująca). W 1643 r. Włoch Evangelista Torricelli, również fizyk i matematyk, wziął rurkę o długości metra i o przekroju 1 cm (zamkniętą z jednego końca i napełnioną rtęcią) i włożył ją do kuwety pełnej tego samego metalu. Słupek rtęci natychmiast opadł o kilka centymetrów – co było efektem działania ciśnienia atmosferycznego – i osiągnął wysokość 76 cm. W ten sposób wynaleziono barometr. Możesz jednak powtórzyć ten eksperyment z wodą. Nie osiągnie ona co prawda tej samej wysokości, ale przynajmniej twoi uczniowie będą mieli okazję zobaczyć podobny efekt, nieco się przy tym ochlapując.

I na pewno tej lekcji nie zapomną. :)

W jaki sposób osiągniemy obniżenie ciśnienia tak, żeby woda wrzała w niższej temperaturze (czyli podając jej mniejszą porcję energii)? Wystarczy wejść na wysoką górę. Ponieważ ciśnienie atmosferyczne jest wytwarzane przez warstwę powietrza nad nami, im wyżej wejdziemy, tym mniej powietrza będziemy mieć nad sobą; warstwa atmosfery będzie cieńsza, a zatem ciśnienie niższe. Przyjmuje się, że zmniejsza się ono o 1 mm Hg (1 atmosfera odpowiada 760 milimetrom słupa rtęci) przy każdym wzniesieniu się o 10 m – przy poziomach zbliżonych do poziomu morza. Dlatego na szczycie Mount Everestu woda wrze w niższej temperaturze niż na przykład na plażach Alicante.

To da się obliczyć. Na szczycie Mount Everestu, czyli na wysokości 8848 m n.p.m., woda wrze w temperaturze 86°C. Na wysokości 11 000 metrów – w temperaturze 71°C, a na wysokości 19 000 metrów (połowa

wysokości, z której skoczył Felix Baumgartner), czyli tam, gdzie znajduje się tak zwana linia Armstronga, a ciśnienie wynosi jedną szesnastą tego co na poziomie morza, woda wrze w temperaturze ludzkiego ciała, czyli 36°C.

BOHATEROWIE BEZ PELERYN: 14 października 2012 r. swoim bohaterskim wyczynem, transmitowanym na żywo na cały świat przez YouTube'a, Felix Baumgartner (ur. w Austrii 20 kwietnia 1969 r.) wprawił nas w zdumienie, stając się pierwszym człowiekiem, który przekroczył barierę dźwięku (340 m/s) podczas spadku swobodnego. Po kilku nieudanych próbach, a nawet po przerwaniu na kilka miesięcy projektu sponsorowanego przez firmę Red Bull, zdołał skoczyć z wysokości 38 969 metrów z kapsuły podwieszonej pod balon stratosferyczny napełniony helem i o ścianach mających około 0,02 mm grubości. W ciągu pierwszych 40 sekund lotu uzyskał szybkość 376 m/s (1357 km/h), ustanawiając rekord prędkości swobodnego lotu, a następnie pomyślnie wylądował na ziemi, mimo kilkusekundowej (budzącej niepokój) utraty przytomności. Dzisiaj rekord skoku swobodnego z jeszcze większej wysokości należy do Alana Eustace'a, wiceprezesa Google, który skoczył z… **41 419 metrów**!

Ale… co by się stało Feliksowi, gdyby jego strój astronauty, o uregulowanym ciśnieniu, został na tej wysokości w jakiś sposób uszkodzony? Spłonąłby? Nie. Wybuchł? Też nie (chociaż oglądaliśmy to niezliczoną ilość razy na filmach). Po prostu takie płyny jak ślina, łzy czy śluz w gardle zaczęłyby się gotować przy najmniejszym kontakcie z ciałem, więc stałby się suchy, jeśli nie poparzony, gdyż 36°C to temperatura, do której jesteśmy przyzwyczajeni.

Poza tym z pewnością umarłby uduszony z powodu braku tlenu.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: A krew? Czy też by się gotowała? Nie, gdyż ciśnienie krwi wynosi od 70 do 120 mm Hg (to, co się mierzy, kiedy lekarz ci sprawdza ciśnienie), zatem więcej niż ciśnienie zewnętrzne. Na poziomie morza – dodając to do 760 mm Hg, wynosi od 830 do 880 mm Hg. W próżni kosmicznej, gdzie ciśnienie jest niemal zerowe, całkowite ciśnienie oscyluje jedynie pomiędzy 70 a 120 mm Hg. I przy tym ciśnieniu krew (kolejny płyn z punktem wrzenia innym niż woda) wrze dopiero w temperaturze 47°C. Gdybyśmy z tego samego powodu osiągnęli taką temperaturę, mało by nas wtedy interesowało, co się dzieje z naszą krwią, ponieważ bylibyśmy już martwi, spaleni.

I, ponieważ jesteśmy już przy przestrzeni kosmicznej… w temperaturze otoczenia poruszamy się pomiędzy „punktem potrójnym" a „punktem krytycznym". W „punkcie potrójnym" (0,01°C i 611,73 Pa) istnieją jednocześnie i w równowadze trzy stany skupienia: stały, płynny i gazowy. W punkcie krytycznym (374°C i 218 atmosfer) stan płynny przestaje istnieć. Ponieważ sublimacja (czyli przejście bezpośrednio od stanu stałego do gazowego) zdarza się przy ciśnieniach poniżej punktu potrójnego, w przestrzeni kosmicznej woda przechodzi bezpośrednio ze stanu stałego w gazowy. Wyobraź sobie lodowy sześcian, zmieniający się bezpośrednio w parę wodną, bez przechodzenia przez stan płynny.

Dlatego właśnie w przestrzeni kosmicznej nie istnieją krople wody.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „W jakiej temperaturze wrze woda na szczycie Mount Everestu?".

Odpowiedzieliście:

Twitter:

@adventurlover: @BearGrylls z pewnością to wie!! :)

@redex: W mikrofali czy w garnku?

Facebook:

Lena Sobol: W żadnej. Kiedy docierasz na szczyt, wcale nie masz wody, bo jesteś tak zmęczony, że całą już wypiłeś.

J.Duran: Na Mount Evereście woda nie wrze po prostu dlatego, że nikt nie chce wchodzić na szczyt najwyższej góry na naszej planecie po to, żeby gotować wodę.

3
Ile megapikseli ma ludzkie oko?

Hit me with your flashbulb eyes
Hit me with your flashbulb eyes
You know I've got nothing to hide
You know I got nothing
No, I got nothing

Arcade Fire,
FLASHBULB EYES[2]

Bardzo często słyszymy słowo „rozdzielczość": telewizje wysokiej rozdzielczości, DVD, Blu-ray, smartfony o wielu megapikselach... Ale jaką rozdzielczość ma ludzkie oko? Co prawda powinniśmy chyba najpierw odpowiedzieć na dwa wstępne pytania: co to jest rozdzielczość? I jak działa ludzkie oko?

Określenie „rozdzielczość" odnosi się w optyce do stopnia możliwości danego narzędzia do rozdzielania dwóch punktowych źródeł światła w jednym obrazie. Na przykład: wyobraźmy sobie dwie gwiazdy, które na niebie wyglądają na połączone (fizycznie wcale nie muszą być bardzo blisko siebie, jedna może być o wiele bliższa Ziemi niż druga, mogą być też „jedna za drugą", ale na linii naszego wzroku skierowanego z Ziemi mogą się na siebie nakładać). Jeżeli je oglądamy przez teleskop o niskiej rozdzielczości, możliwe, że zamiast widzieć dwie gwiazdy, zobaczymy je razem jako jeden punkt albo jako jedną niewielką plamę. Natomiast

jeżeli teleskop ma większą rozdzielczość, pokazuje nam dwie wyraźnie widoczne gwiazdy, dokładnie rozdzielone.

To samo zjawisko występuje w wypadku innych urządzeń, na przykład aparatów fotograficznych. Im wyższą mają rozdzielczość, tym lepiej oddzielają od siebie oglądane przedmioty, tym lepiej je rozdzielają i w związku z tym dają dokładniejsze zdjęcia. Aparat o niskiej rozdzielczości wykonuje fotografie, które – kiedy się je ogląda w powiększeniu – stają się niewyraźne i tracą na jakości. Kiedy mamy fotografię o wysokiej rozdzielczości, możemy ją nawet bardzo powiększyć i nie straci ona nic ze swej jakości. Podobnie zdjęcia cyfrowe, które są tworzone pikselami barw (to coś jakby atomy obrazu, jego najmniejsze cząstki, najmniejsze jednorodne jednostki w kolorze, które stają się częścią cyfrowego obrazu) – im więcej pikseli będzie mieć obraz, tym będzie on dokładniejszy, czyli będzie miał wyższą rozdzielczość. Największą przewagą takiego obrazu jest to, że może zostać wielokrotnie powiększony i tak wydrukowany.

Na przykład aparat fotograficzny może robić zdjęcia prostokątne, złożone z pikseli rozmieszczonych w rzędach i kolumnach. Jeśli założymy, że nasz obraz składa się z 1600 kolumn i 1200 rzędów pikseli, wszystkich dokładnie uporządkowanych, to rozdzielczość jest liczbą pikseli znajdujących się na powierzchni fotografii. Zatem jeżeli pomnożymy przez siebie te liczby (1600 x 1200), otrzymamy 1 920 000 pikseli, czyli 1,92 megapikseli (to określenie powinno ci być znane, bo takie dane są podawane przy opisie aparatu wbudowanego w smartfon). Ale uwaga: chociaż producenci zawsze się chwalą liczbą megapikseli w swoich smartfonach – coraz wyższą w miarę postępu technologii – trzeba mieć również na uwadze inne czynniki, które wpływają na jakość obrazów, takie jak: format i technologia matrycy światłoczułej, rozmiar piksela, cechy obiektywu, a wreszcie procesorów i oprogramowania odpowiedzialnego za obróbkę obrazów.

A oko? Czy ma piksele?

Rozpatrzmy w ogólnych zarysach, jak funkcjonuje ludzkie oko. Światło załamuje się na rogówce i przechodzi przez źrenicę (która się zwęża i rozszerza, aby regulować ilość światła, jaka przez nią wpada) oraz przez soczewkę (skupiającą obraz na rozmaitych odległościach).

Powstały w ten sposób obraz odbija się na siatkówce w głębi oka jak na ekranie. Światło docierające do siatkówki powoduje zjawiska elektryczne i chemiczne, te zaś następnie zmieniają się w impulsy nerwowe, a nerw oczny przekazuje je do mózgu, który je z kolei interpretuje.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Jak widzimy, oko jest dość skomplikowanym narządem: chwyta i skupia światło, następnie przetwarza je na sygnały elektryczne, które z kolei mózg odczytuje jako obrazy. Wysoka technologia. Dlatego kreacjoniści, którzy odrzucają teorię ewolucji Darwina, wierząc, że Bóg stworzył świat i wszystkie żywe istoty w ciągu siedmiu dni, tak jak głosi Biblia, używają go jako dowodu boskiego projektu. Utrzymują, że oko jest tak skomplikowane, że nie mogło powstać przypadkiem, w trakcie ewolucji, zatem oko zostało stworzone przez Boga. Zwolennicy inteligentnego projektu mają podobne teorie, tyle że element religijny zastępują „wyższą inteligencją", czymś w rodzaju projektanta, który w końcu jest dość podobny do pojęcia Boga, a właśnie tego pojęcia próbują unikać.

Naukowcy (na przykład słynny zoolog Richard Dawkins) udowodnili, w jaki sposób selekcja naturalna doprowadziła do powstania oka i dlaczego wykazuje ono typowe niedoskonałości, jakie powoduje błądząca ewolucja. Nawet wszechpotężny ludzki mózg jest zresztą pełen takich ewolucyjnych ułomności. Gdyby oko czy mózg zostały zaprojektowane, byłyby przecież zaprojektowane jak najlepiej, co warto zawsze powtarzać (nikomu przecież nie przyjdzie do głowy, że Bóg mógłby być złym projektantem).

Ale wróćmy do naszego tematu. Na siatkówkę – czyli na ekran znajdujący się w głębi oka – wpada światło i wytwarza owe impulsy elektryczne, o których mówiliśmy. Z czego składa się siatkówka? Z dwóch rodzajów światłoczułych komórek: czopków i pręcików,

których nazwy pochodzą od ich kształtów. W ludzkim oku znajduje się około stu milionów takich receptorów światła – z tym że czopków jest około 4,5 miliona, a resztę (ok. 90 mln) stanowią pręciki. Komórki te pełnią odmienne funkcje. Czopki znajdują się w centrum wzroku i odpowiadają za widzenie kolorów; rejestrują światło czerwone, niebieskie i zielone. Pręciki są ulokowane na obrzeżach siatkówki i rejestrują zaś jasność, czyli intensywność światła. Dlatego w ciemnościach czasem widzimy bardzo słabe światło (na przykład diodę *standby* stojącego w oddali telewizora), ale tylko gdy patrzymy kątem oka.

Skoro już doszliśmy do tego miejsca, możemy się zająć naszym pytaniem: jaką rozdzielczość ma ludzkie oko? – naturalnie biorąc pod uwagę, że możemy jedynie próbować ustalić jakąś analogię, ponieważ niewątpliwie nasze oko nie jest mechanizmem cyfrowym.

Przede wszystkim porównywanie oka do kamery zawsze będzie problematyczne, gdyż oko pobiera obrazy bez przerwy, dopasowuje się do rozmaitych środowisk, nigdy nie odpoczywa itd. A że wszystko, co ono rejestruje, zwłaszcza obrazy, nasz mózg przetwarza po fakcie – żaden aparat ani system sztucznej inteligencji nie może go – jak na razie – zastąpić. Prawdę mówiąc, nasze oko przypomina raczej wideokamerę niż aparat fotograficzny. Możemy jednak mniej więcej obliczyć jego rozdzielczość. Powiedzieliśmy już, że w oku znajduje się 4,5 miliona czopków, zatem jeśli je porównamy do pikseli, uzyskamy rozdzielczość 4,5 megapiksela. Należy wszak również pamiętać o pręcikach, których jest około 90 milionów, co łącznie daje nam rozdzielczość 94,5 megapiksela.

Ponadto powinniśmy jeszcze wziąć pod uwagę możliwość ruchu oczu, który obejmuje wielką powierzchnię: powiedzmy 120 stopni poziomo i 120 stopni pionowo. Jeśli każdy piksel to 0,3 minuty kątowej – wyjdzie nam razem jakieś 564,5 megapiksela rozdzielczości, co zresztą obliczył doktor Roger Clark z United States Geological Survey. Aparaty fotograficzne w telefonach mają 2, 5, 12, 16 megapikseli… a jeden z aparatów o największej rozdzielczości na świecie, tzw. Dark Energy Camera (wykonany przez Fermilab w celu sporządzenia map 300

milionów galaktyk dla obserwatoriów astronomicznych w Chile) ma 570 megapikseli… i kosztuje 35 milionów dolarów.

Zatem jasne, że ludzkie oko ma wartość bezcenną.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Ile megapikseli ma ludzkie oko?”.

Odpowiedzieliście:

Instagram:

instant_karma: Ludzkie oko ma 576 megapikseli, z wyjątkiem tej sąsiadki plotkary, której organizm ewoluował do tego stopnia, że jej oko ma 20 000 megapikseli :)

andrea: Jestem krótkowidzem, zatem powiedzmy, że moje oczy są porównywalne do aparatu w taniej komórce.

czarnowidz13: Wystarczająco dużo, żeby zobaczyć, że w tym roku nie ma widoków na poprawę.

4
Jakiego prawa fizyki nie spełniają statki z *Gwiezdnych wojen*?

Na wysokości 600 km nad powierzchnią planety
Ziemia nie ma niczego, co by przekazywało dźwięk.
Nie ma ciśnienia atmosferycznego.
Nie ma tlenu. Życie w takiej przestrzeni
jest niemożliwe.

Z filmu *Grawitacja* (2013),
REŻ. ALFONSO CUARÓN

Kiedy byłem dzieckiem, nie wiem, ile razy oglądałem pierwszą filmową trylogię *Gwiezdnych wojen*. Naprawdę zachwycało mnie jednak nie tyle oglądanie, ile słuchanie. W oszołomienie wprawiał mnie szczęk laserowych mieczy – łapałem jakikolwiek kij, jaki miałem pod ręką (najchętniej szczotkę do zamiatania), i nie przestawałem nim wywijać w korytarzu, jednocześnie naśladując głosem tamte dźwięki. Kiedy budowałem u nas w salonie kosmiczny statek (w każdym razie coś podobnego do takiego statku), który miał latać i walczyć z innym statkiem, nie przestawałem wydawać rozmaitych dźwięków, starając się naśladować wystrzały, a także wybuchy.

Wyobrażałem sobie, jak podstępne myśliwce TIE armii Imperium Galaktycznego, będące właściwie kulą z czymś w rodzaju paneli

słonecznych po bokach, ścigają szybkie X-Wingi Sojuszu Rebeliantów, które można rozpoznać po skrzydłach w kształcie litery X, takie jak ten, pilotowany przez Luke'a Skywalkera. Niewątpliwie do najbardziej charakterystycznych scen z *Gwiezdnych wojen* należą te, w których w głębi przestrzeni międzygwiezdnej – na tle migoczących gwiazd – odbywają się budzące dreszcz walki statków kosmicznych. Wystrzeliwują czerwone i zielone promienie, które wywołują ów szczególny laserowy brzęk, słychać też odgłosy potężnych wybuchów…

Zaraz! Chwila! Wystrzały? Wybuchy? Hałas w przestrzeni międzyplanetarnej? Po pewnym czasie dowiedziałem się na lekcjach fizyki, że to niemożliwe; że jeżeli znajdziemy się poza atmosferą ziemską, stwierdzimy, że nic tam nie słychać, że wejdziemy w absolutną ciszę, bez hałasów czy wybuchów.

Poważnie? A to dlaczego?

Dźwięk to fala, jaka dociera do naszych uszu, powodując wibracje bębenków, a mózg ten sygnał przetwarza. W takich okolicznościach słyszymy: głos, gwizd, hałas, Mozarta… Niezbędne jest jednak odpowiednie otoczenie, w którym fale będą się mogły rozchodzić: na przykład fale morskie rozchodzą się w wodzie; jeżeli poruszymy strunę, fale będą się rozchodziły w niej samej; jeżeli rzucimy kamień w wodę, fale rozejdą się po jej powierzchni. A fale sejsmiczne rozchodzą się w materii, z której zbudowana jest dana planeta. Tak samo fale dźwiękowe – to fale ciśnienia, które się rozchodzą w powietrzu albo w wodzie – zależnie od tego, w czym w danym momencie jesteśmy „zanurzeni". Do propagacji fali potrzebne jest więc odpowiednie otoczenie, ponieważ fala jest formą przekazu energii pomiędzy elementami tegoż otoczenia.

W zależności od tego, w jakim środowisku się znajdujemy, dźwięk rozchodzi się z rozmaitą prędkością: im środowisko gęstsze, tym prędkość ta będzie większa, gdyż cząsteczki położone są tam jedne bliżej drugich. Zatem fale rozchodzą się szybciej w płynach niż w gazach, czyli dźwięk dojdzie do nas prędzej w wodzie niż w powietrzu. To dlatego wieloryby potrafią komunikować się szybciej niż ludzie, nawet na odległość wielu kilometrów w niezmierzonych głębinach oceanu. Dalej, dźwięki rozchodzą się szybciej w środowisku

stałym niż w płynnym. Dlatego jeżeli przyłożymy ucho do szyny kolejowej, jak to robią bandyci z westernów (raczej tej metody nie polecam), usłyszymy to, czego w powietrzu jeszcze długo nie będzie słychać, ponieważ szyna przekazuje dźwięk lepiej. Z tego samego powodu łatwiej dowiemy się, o czym mówią sąsiedzi, jeżeli przyłożymy ucho do ściany, jaka nas od nich dzieli (tej metody zresztą też nie polecam).

Niemniej nie żyjemy w morzu ani nie mamy ucha stale przyłożonego do szyn czy do ścian... Na szczęście. W rzeczywistości nas dotyczy przede wszystkim prędkość rozchodzenia się fal dźwiękowych w powietrzu, czyli 340 m/s albo 1225 km/h, a więc taka sama, jaką przekroczył Baumgartner i jaką przekraczają również niektóre bardzo szybkie samoloty, te, o których mówi się, że pokonują barierę dźwięku. Dlatego samoloty ponaddźwiękowe (stąd ich nazwa), jeżeli lecą wystarczająco szybko, w chwili przekraczania tej bariery robią okropny hałas. Z pewnością nie raz widziałeś to zdjęcie, na którym samolot myśliwski wyłania się nagle z chmury jak za dotknięciem czarodziejskiej różdżki. Ten biały okrągły obłok to para wodna, skroplona na skutek uderzenia fali. To zjawisko jest znane pod nazwą obłoku Prandtla–Glauerta. W ostatnim filmie o przygodach Supermana on również wytwarza takie zjawisko. I to nie tylko raz, ale dwa, trzy, cztery i pięć razy, kiedy leci z szybkością superponaddźwiękową.

CIEKAWOSTKA POP: Liczba Macha (M) została zaproponowana przez Ernsta Macha (1838–1916), jednego z największych fizyków teoretyków swoich czasów, jako wielkość bezwymiarowa prędkości względnej. Zdefiniował tę liczbę jako iloraz prędkości obiektu (v) i prędkości dźwięku w środowisku, w którym się rozchodzi (v_S). Ta definicja jest bardzo wygodna, gdyż ułatwia wyobrażenie sobie ponaddźwiękowych szybkości samolotów. A więc 1 mach odpowiada prędkości dźwięku, 2 machy to dwa

razy ta prędkość itd. Ci, którzy oglądali film *Top Gun* (1986), z pewnością wiedzą, do czego chcę nawiązać:

„Lecimy z prędkością jednego macha, Iceman!", „Zaraz przekroczymy 2 machy, Maverick"...

Tak więc w atmosferze ziemskiej czy w morzu, czy na przykład w basenie możemy słyszeć dźwięki, jednak w przestrzeni poza atmosferą (licząc od 100 kilometrów wysokości według Międzynarodowej Federacji Lotniczej) nie słyszymy nic, ponieważ panuje tam próżnia, zatem nie ma warunków, w których mogłyby się rozchodzić fale dźwiękowe. Choć w rzeczywistości ta przestrzeń tak całkowicie próżna nie jest: oblicza się, że jej metr sześcienny zawiera mniej więcej milion atomów (wydaje się, że to dużo, ale w rzeczywistości to bardzo niewiele); są też miejsca, w których znajdują się chmury gazu i pyłu czy wreszcie tajemniczej ciemnej materii. Temperatura wynosi tam około minus 270°C (albo 2,7 K). Problem w tym, że materii jest tam tak mało, iż fala dźwiękowa rozchodzi się z wielkim trudem. Zresztą i tak nie można oddychać, bo nie ma powietrza.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Wszechświat jest bardzo niegościnny: gdybyśmy pojawili się w losowo wybranym miejscu, najprawdopodobniej spłonęlibyśmy na jakiejś gwieździe, zostalibyśmy zamrożeni w próżni, wessani przez czarną dziurę albo zginęlibyśmy na jakiejś planecie, gdzie nie ma warunków do życia. Tylko na tej maleńkiej kosmicznej wysepce, zwanej Ziemią, mamy warunki odpowiednie do istnienia; tu zresztą również nie brak miejsc bardzo niegościnnych, jak na przykład obydwa bieguny, pustynie, głębie oceaniczne czy najwyższe szczyty. Dlatego powinniśmy się opiekować tą malutką plażą, jaką mamy na granicy kosmicznego oceanu... jak naszą planetę opisał fizyk Carl Sagan.

Biorąc pod uwagę wszystko, o czym mówiłem, gdybyśmy uczestniczyli w wybuchu w przestrzeni kosmicznej, oglądalibyśmy go tak, jakbyśmy mieli watę w uszach albo wyłączyli dźwięk w telewizorze. To dziwne, ale tak jest. W rzeczywistości dźwięk to zjawisko zarezerwowane dla bardzo niewielu miejsc we Wszechświecie – takich, w których istnieją warunki, gdzie może się rozprzestrzenić fala dźwiękowa, odbiorca tej fali (na przykład nasze ucho) i system zdolny ją przetworzyć (mózg).

Jest pewne, że George Lucas nie bardzo przejął się tym, aby *Gwiezdne wojny* były zgodne ze znanymi nam prawami fizyki (zresztą nie istnieją inteligentne roboty, jak R2-D2 i C-3PO, ani osobliwe istoty, jak Jabba the Hutt czy Jar Jar Binks, a przynajmniej dotąd ich nie wykryto), nie mogę jednak nie podziękować reżyserowi za to, że pozwolił mi marzyć, wyobrażać sobie inne światy czy przez połowę dzieciństwa hałasować w całym domu (nie wiem, jakie zdanie ma na ten temat moja mama). Niemniej nie cała fantastyka jest jednakowa. Istnieje tzw. twarda fantastyka naukowa (*hard science fiction*), która stara się (choć nie zawsze jej się to udaje) w swoich fantazjach o przyszłości czy kosmosie być zgodna z prawami nauki. Przedstawicielami tego gatunku literackiego są tacy autorzy, jak Isaac Asimov (autor m.in. cyklów *Fundacja* oraz *Roboty*), Arthur C. Clarke (autor powieści *2001: Odyseja kosmiczna*) czy Stanisław Lem (autor takich książek, jak np. *Solaris* czy *Fiasko*). Również w niektórych filmach w obrębie tego gatunku prawidłowo prezentuje się niepokojącą ciszę w przestrzeni kosmicznej. Tak jest w wypadku *2001: Odysei kosmicznej* Stanleya Kubricka czy *Grawitacji* Alfonsa Cuaróna. W tym ostatnim filmie George Clooney i Sandra Bullock oglądają Ziemię ze stacji kosmicznej. Ona pyta: „Kowalski, co ci się najbardziej podoba w przestrzeni kosmicznej?". On patrzy jej głęboko w oczy i odpowiada: „Cisza, pani doktor Stone! Cisza!".

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Jakiego prawa fizyki nie spełniają statki kosmiczne z *Gwiezdnych wojen*?”.

Odpowiedzieliście:

Instagram:

nerd_for_future: Nie można podróżować z prędkością światła! Ale kto wie, czy w światach *Gwiezdnych wojen* prawa fizyki funkcjonują tak jak na Ziemi… może pewnego dnia uda się nam polecieć szybciej niż światło… Niech moc będzie równa iloczynowi siły i prędkości! :)

Twitter:

@oh_no: Sprzeczne z prawami fizyki jest to, że Yoda (który wygląda jak wielka żaba) potrafi mówić. Głośnia żab nie jest przystosowana do mówienia.

Facebook:

Patricia Lange: Nie można toczyć tak długich bitew bez przerwy na siusiu… to najbardziej fizyczna czynność, jaka mi przychodzi do głowy.

5
Fani liczby pi

Wszystkie okręgi we Wszechświecie są takie same, różnią się tylko rozmiarem średnicy. O ile my, ludzie, mamy różnorakie włosy, kolor skóry, oczu, wzrost i inne cechy, które nas charakteryzują, o tyle nasi przyjaciele – okręgi – różnią się tylko i wyłącznie średnicą. Jeżeli znamy ich średnicę, wiemy o nich wszystko. W gruncie rzeczy okręgi mogą być większe albo mniejsze… i w zasadzie tyle. Nie mają więcej tajemnic.

A jeżeli jednak?

Istnieje pewna ciekawa właściwość okręgów: to, że stosunek ich obwodu (czyli długości) do średnicy jest zawsze taki sam. To znaczy, że jeśli podzielimy długość okręgu przez jego średnicę, zawsze otrzymamy tę samą liczbę, niezależnie od wielkości okręgu. Jest to słynna liczba pi (π), która wynosi 3,1415926535… i tak dalej, w nieskończoność.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Ponad dwa i pół tysiąca lat temu, w VI w. p.n.e., niejaki Pitagoras (ur. na wyspie Samos ok. 572 r. p.n.e. – zm. w Metaponcie ok. 497 r. p.n.e.), uważany za pierwszego „prawdziwego" matematyka, miał zwyczaj gromadzenia w Atenach muzyków, astrologów, matematyków i filozofów, aby dyskutować z nimi na temat tych wszystkich zagadnień, których nie potrafili rozwiązać. Kazali oni nazywać się pitagorejczykami, używali pentagramu (gwiazdy pięcioramiennej) jako symbolu i zapewniali, że liczby są początkiem wszystkich rzeczy.

Ich wielkim odkryciem były liczby niewymierne (ale zobowiązani byli do zachowania tego w tajemnicy pod karą śmierci) i to oni jako pierwsi udowodnili matematycznie słynne twierdzenie Pitagorasa – wiecie przecież! To, które mówi, że w każdym trójkącie prostokątnym kwadrat przeciwprostokątnej równa się sumie kwadratów obu przyprostokątnych; to twierdzenie stosowali już Babilończycy i Egipcjanie na wiele wieków przed Pitagorasem, a od jego czasów używano go w celu uzyskania kątów prostych w konstrukcjach architektonicznych. Żeby nie szukać daleko, mówi się, że piramida Chefrena (XXVI w. p.n.e.) jest oparta na trójkącie prostokątnym o bokach 3, 4 i 5 – co niewątpliwie spełnia twierdzenie Pitagorasa ($3^2 + 4^2 = 5^2$). Było to tak ważne odkrycie, że trójkąt ten nazwano świętym. Twierdzenie było łatwe do sformułowania i znaleziono dla niego setki zastosowań, poczynając od architektury, a kończąc na astronomii. Nawet Chińczycy, z którymi Pitagoras z pewnością się nie zetknął, również je znali...

Czy wiesz, że słowo „szkoła" w języku starożytnych Greków oznaczało „wypoczynek"? Musieli się dobrze bawić na lekcjach, co?

Liczba pi, stała matematyczna najbardziej znana na całym świecie, ma swój światowy dzień – 14 marca (miesiąc 3., dzień 14., jak to wymyślił fizyk Larry Shaw). Dzieci uczą się tej liczby w szkole (w gruncie rzeczy nie można się uczyć matematyki, nie znając liczby pi, poza tym używa się jej stale w fizyce i inżynierii), uczeni zaś stale ciężko pracują, obliczając coraz więcej cyfr tej liczby po przecinku. Liczba pi jest liczbą niewymierną, czyli nie można jej wyrazić jako części dwóch liczb całkowitych, jak na przykład ½ czy ¾. Do tej chwili znanych jest już dziesięć bilionów cyfr po jej przecinku, a ostatnimi odkryciami są wyczyny inżynierów informatyków Shigeru Kondo i Alexandra J. Yee.

Liczbę pi obliczyli już w miarę dokładnie greccy filozofowie, jak na przykład Archimedes, który dokonał tego kolejnymi przybliżeniami w swoim dziele *O mierzeniu okręgu*. Jej nazwa wywodzi się od litery π, od której po grecku zaczynają się słowa oznaczające „obwód" (*perimetro* i *periferia*). W 1748 roku wybitny matematyk Leonhard Euler spopularyzował użycie tego terminu w swoim dziele *Introductio in*

analysin infinitorum (*Wprowadzenie do obliczeń nieskończoności*). Przybliżenia liczby pi stawały się coraz dokładniejsze w miarę rozwoju technik matematycznych i naturalnie wraz z pojawieniem się komputerów. Już w 1949 roku pierwszy komputer, ENIAC, który zajmował cały pokój, a miał tysiąc razy mniejszą pojemność niż jakikolwiek dzisiejszy smartfon, wyliczył 2037 cyfr po przecinku (dokonali tego G.W. Reitwiesner i jego współpracownicy). Z użyciem komputerów najnowszej generacji liczba tych cyfr wzrosła, jak już mówiliśmy, do dziesięciu bilionów. I choć wydaje się, że matematycy obliczają te kolejne cyfry, jakby chodziło o jakąś grę czy obsesję zapaleńców, pewne jest, że dzięki temu rozwijają nowatorskie metody, które mogą być zastosowane w innych dziedzinach.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Oczywiście nie wolno mylić liczby pi z inną znaną liczbą – phi (wym. „fi"), zwaną także „złotą proporcją", „złotą liczbą" albo „boską proporcją": w przybliżeniu 1,618. Jest ona związana z ciągiem Fibonacciego. W tym ciągu każda liczba jest sumą dwóch poprzednich: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34... Tymi liczbami opisuje się spirale, które często występują w przyrodzie: w spiralnej galaktyce, w muszli ślimaka czy w ułożeniu ziaren słonecznika (oczywiście póki jeszcze w nim tkwią).

Ciekawy jest przypadek brytyjskiego matematyka amatora Williama Shanksa, który w XIX wieku postanowił obliczyć cyfry po przecinku liczby pi ręcznie: doszedł tylko do 707 cyfr, a zajęło mu to dwadzieścia lat. W dodatku z tych 707 tylko 527 było trafnych... jaka szkoda!

Prawdę mówiąc, istnieje pewna rywalizacja w odnajdywaniu kolejnych cyfr liczby pi i tym samym o miejsce na szacownej liście maszyn i ludzi poszukujących tej nieskończonej liczby, co nie przestaje być rodzajem paradoksu. Po to, aby zapamiętać pierwsze cyfry tej liczby, stworzono poematy wykorzystujące zasady zapamiętywania mnemotechnicznego, zwane przez niektórych pi-ematami. Istnieją

również mistrzowie zapamiętywania, którzy próbują nauczyć się na pamięć jak największej liczby tych cyfr. Jednym z nich jest na przykład Lu Chao, który zapamiętał 67 890 cyfr po przecinku (WTF!) i wyrecytował je 20 listopada 2005 roku, nie pomyliwszy się ani razu; trwało to 24 godziny i 4 minuty. Angielska piosenkarka Kate Bush skomponowała w 2005 roku niezwykłą piosenkę *Pi* – śpiewała 110 cyfr po przecinku tej liczby (ale tylko 53 poprawne). Inna ciekawostka: ponieważ pi ma niezliczoną liczbę tych cyfr, które następują po sobie bez żadnego schematu, możliwe, że cyfry twojego DNA czy twój numer telefonu znajdą się w tej samej kolejności w pierwszych milionach tych cyfr. Istnieją nawet strony internetowe, które to dla ciebie wyszukają. Zatem twoje dane znajdują się w liczbie pi i nie możesz nikogo oskarżyć o ich kradzież. To czysta natura, która jest właśnie taka.

Liczbą pi fascynują się nie tylko matematycy. Zdaniem socjologa Joaquina Navarro, autora książki *Tajemnice liczby π*, nie będzie przesadą mówienie o „pi-manii" w kulturze popularnej. W Internecie można kupić koszulki z nadrukami związanymi z pi, można się zapisać do klubu miłośników tej liczby albo obejrzeć poświęcony jej wielki pomnik w Seattle w Stanach Zjednoczonych. Niepokojący film zatytułowany *Pi* (reż. Darren Aronofsky, 1998) opowiada o przygodach pewnego matematyka – paranoika, który wierzy, że można całą rzeczywistość przedstawić za pomocą liczb, w taki sposób, że analizę notowań giełdowych miesza z żydowską kabałą i odsłania prześladujące go ukryte spiski. Nie jest to jedyny film, w którym pojawia się ta sławna liczba: „występuje" ona również w filmie *Kontakt* (reż. Robert Zemeckis, 1997), z Jodie Foster w głównej roli, opartym na powieści Carla Sagana, czy też w *Rozdartej kurtynie* (reż. Alfred Hitchcock, 1966), a także, oczywiście, w którymś z odcinków *Simpsonów*. Możemy o niej usłyszeć także w utworach brytyjskiej grupy rockowej The Stone Roses czy w wierszach Wisławy Szymborskiej.

W związku z tym wszystkim namawiam, byś i ty stał się przyjacielem i fanem liczby pi. Kto wie – może pewnego dnia ci się to przyda, żeby zostać wytwórcą talerzy (takich zwyczajnych, broń Boże nie kwadratowych), obręczy hula-hoop czy pączków donut, a może

i w innych zawodach (nie aż tak ciekawych), na przykład w zawodzie fizyka, matematyka albo inżyniera...

6
Dajcie mi punkt podparcia, a poruszę Ziemię

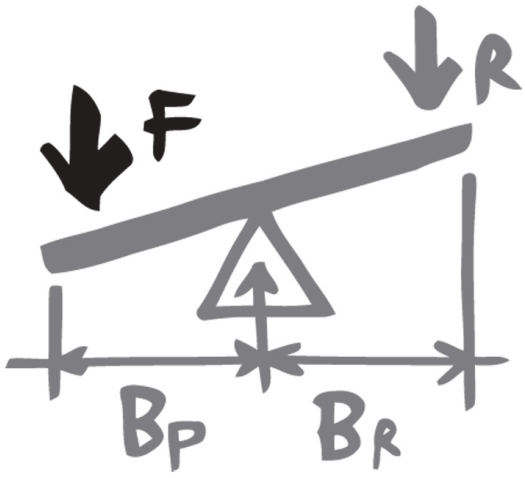
Król Hieron II z Syrakuz zbudował ogromną łódź, podobno ważącą ponad cztery tysiące ton, którą chciał podarować królowi Egiptu – Ptolemeuszowi. Nazywała się Syracusia i była czymś w rodzaju Titanica starożytności. Była tak wielka, że wykonawcy stanęli przed problemem, jakiego nie przewidzieli, a który był dość zasadniczy: nie byli w stanie jej zwodować. A na co się może przydać łódź stojąca na ziemi? „Dajcie mi punkt podparcia, a poruszę cały świat" – to słynne zdanie jest przypisywane greckiemu mędrcowi Archimedesowi, pochodzącemu z Syrakuz pionierowi inżynierii. I to właśnie jego wezwano, żeby wymyślił, jak spuścić ogromny statek na fale. Archimedes zdołał to zrobić, używając systemu dźwigni i bloków.

Istotnie, mając punkt podparcia, za pomocą dźwigni możemy poruszać przedmioty, których przeniesienie w inny sposób byłoby o wiele bardziej kosztowne albo wręcz niemożliwe. Okazuje się, że urządzenie tak proste jak dźwignia popchnęło świat naprzód i pozwoliło w widoczny sposób przez wieki ulepszać nasze życie codzienne, a także – jak zobaczymy – umożliwiło powstanie różnych fantastycznych rzeczy. Bez dźwigni nie ruszylibyśmy z miejsca.

Dźwignia to maszyna prosta, złożona zazwyczaj z drąga lub prostego pręta, zaprojektowanego tak, by obracał się wokół ustalonego punktu, zwanego punktem podparcia; maszyny tej używa się w celu uzyskania większej siły. Jej głównym zadaniem jest pokonanie większego oporu (czyli siły, którą chcemy pokonać) jak najmniejszą siłą (tą, która porusza dźwignię); niemniej niektóre dźwignie stosuje się także, aby osiągnąć

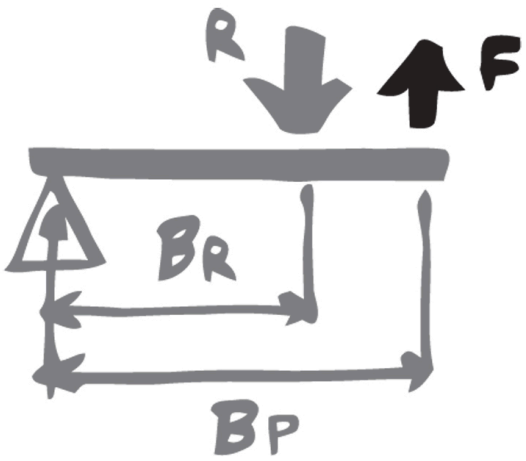
zwiększenie przeniesienia lub prędkości, jak to się dzieje w wypadku młota czy katapulty. Poza tym ma swoje własne prawo, tzw. regułę dźwigni, które umożliwia określenie stosunku siły i oporu do odległości od punktu podparcia.

A teraz najlepsze: istnieją trzy rodzaje dźwigni i setki ich zastosowań. Wśród dźwigni pierwszego stopnia znajdziemy sławną dźwignię, którą Archimedes miał zamiar poruszyć świat (chociaż dotychczas nie znaleziono punktu podparcia ani dostatecznie długiego i wytrzymałego drąga). Drąg jest umieszczony w punkcie podparcia, podzielonym na dwa odcinki: pomiędzy punktem podparcia a punktem, w którym przykładamy naszą siłę (F), znajduje się ramię siły (B_P), natomiast pomiędzy punktem podparcia a ciężarem, jaki chcemy podnieść lub poruszyć, znajduje się ramię oporu (B_R). Interesujące w tej dźwigni jest to, że im dłuższe jest ramię siły, tym mniejszej siły trzeba użyć, aby pokonać opór (R). Klasycznym przykładem jest tu dźwignia, która jest w stanie poruszyć bardzo długie ramię siły i bardzo krótkie ramię oporu. I działa.



Do tego rodzaju dźwigni zaliczają się nożyczki, katapulta, waga i obcęgi. Przyjrzyjmy się na przykład wielkim nożycom do cięcia gałęzi (albo do cięcia metalu). Zawsze przypuszczałem, że ich rączki są dłuższe od normalnych, żeby móc sięgać wyżej (w końcu nieraz trzeba sięgać do gałęzi rosnących bardzo wysoko), ale to wcale nie po to:

odpowiedzialna za ten rodzaj rączek jest reguła dźwigni. Ponieważ siła jest odwrotnie proporcjonalna do ramienia siły ($F = R$ x B_R / B_P), to im dłuższe będą rączki, tym mniejsza będzie siła, jakiej powinniśmy użyć, aby odciąć niepotrzebną gałąź. Natomiast nożyczki biurowe mają rączki o wiele krótsze, ponieważ do przecięcia kartki papieru potrzebna jest niewielka siła. W pewnej znanej scenie z *Władcy Pierścieni* widzimy, jak ogromne ogry pchają dźwignię – też ogromną – żeby otworzyć wrota Mordoru. Ogry, bardzo brzydkie, ale niegłupie, umieszczają punkt podparcia obok osi obrotu, zmniejszając w ten sposób ramię oporu, dlatego – chcąc rozewrzeć wrota – mogą to zrobić, używając mniejszej siły. Lepsza dźwignia niż próby pakowania głowicy szpady we wrota i popychania ich, prawda?



Dźwignie drugiej klasy mają opór pomiędzy punktem podparcia a punktem przyłożenia siły: wyobraźcie sobie taczkę, której ciężar znajduje się pomiędzy twoimi rękami a kołem opierającym się o ziemię. Albo kiedy robi się pompki w sali gimnastycznej: twój ciężar spoczywa między pracującymi ramionami a stopami, które, oparte o podłogę, są punktem podparcia. Innymi przykładami tego rodzaju dźwigni są dziadek do orzechów czy otwieracze do butelek, obrazuje go także ruch wioseł, chociaż na pierwszy rzut oka wcale się z dźwignią nie kojarzy. W tym ostatnim wypadku punktem podparcia jest woda, w której zanurzamy wiosło i opieramy się o jej powierzchnię, aby przezwyciężyć opór, jakim jest ciężar łodzi. Uwaga – może się wydawać, że punktem

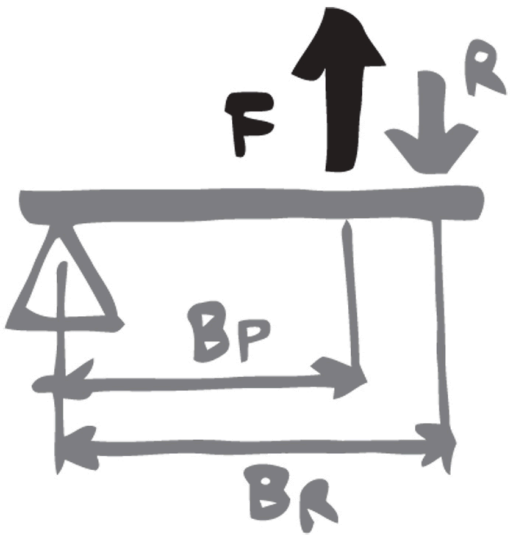
oparcia jest punkt kontaktu wioseł z łodzią, ale to nieprawda; zastanów się jeszcze raz, a zobaczysz dokładnie, jak to jest. Najważniejszym jednak przykładem z naszego codziennego życia są po prostu nasze nogi: tutaj punktem oparcia będą przednia część nóg i palce stóp, które opieramy na ziemi, oporem jest nasza własna waga, a źródłem siły – nasze mięśnie. Ostatecznie wszystkie te dźwignie są bardzo pożyteczne, ponieważ z ich użyciem dzięki niewielkiej mocy można pokonywać nawet bardzo duży opór. Wystarczy pomyśleć, że za ich pomocą możemy chodzić – już samo to mnie do nich przekonuje.

BOHATEROWIE BEZ PELERYN: Jeśli mowa o chodzeniu, chociaż lepiej by było powiedzieć „prawie że lataniu", ogłaszam się bezwarunkowym fanem Kíliana Jorneta Burgady, biegacza i narciarza wysokogórskiego. Podziwiam go nie za to, że zdobył mnóstwo złotych medali na mistrzostwach świata w biegach wysokogórskich, ale przede wszystkim dlatego, że ten człowiek nie zna słowa „niemożliwe". Mógłbym ci wymienić dziesiątki jego rekordów, ale dla mnie najbardziej przejmującym był ten uzyskany w maju 2017 r., kiedy w ciągu 26 godzin (!) wbiegł na Mount Everest (⛰ 8848 metrów), nie używając do tego olinowania ani tlenu, podczas gdy droga ta zazwyczaj wymaga od wspinaczy… ponad czterech dni wchodzenia. 🏃🏃🏃 A osiągnął to, ponieważ nie słuchał ludzi, którzy mówili, że to niemożliwe. On sam twierdzi: „Moim sekretem jest to, że robię coś, co mnie codziennie ekscytuje, i że nie żyję przeszłością". I proszę – robi to! Wiara góry przenosi. A w jego wypadku – góry pożera.

Wreszcie ostatni rodzaj dźwigni – trzeciej klasy: są to dźwignie, w których siła mieści się pomiędzy oporem a punktem podparcia, i przykłada się ją pośrodku. Tego rodzaju dźwignie nie dają żadnej korzyści mechanicznej, ponieważ potrzebujemy większej mocy niż

opór, jaki mamy pokonać. Tak jest w wypadku szczotek do zamiatania, maszynek do usuwania zszywek czy pincet do depilacji. Wobec tego dlaczego się ich używa?

Otóż dlatego, że nie zawsze możemy ustawić punkt podparcia tam, gdzie chcemy, jak to jest w wypadku wędki, albo dlatego, że chcemy zwiększyć przesunięcie lub prędkość, jak w wypadku młotka, nieodłącznego przyjaciela, kiedy musimy sobie poradzić z przeprowadzką i zawiesić ponownie na ścianach dziesiątki obrazów. Lekkim ruchem nadgarstka z określoną szybkością osiągamy to, że koniec młotka przesuwa się na większą odległość i o wiele szybciej, generując energię konieczną do wbicia gwoździa.



Tak jest w najlepszym razie i przy odrobinie praktyki, bo czasami celem uderzenia staje się jeden z naszych palców... A to boli!

Istnieje jeszcze inna dźwignia trzeciego stopnia w naszym ciele: używamy jej, kiedy siłą bicepsa, mając łokieć za punkt podparcia, podnosimy odważnik... albo małą filiżaneczkę kawy.

CIEKAWOSTKA POP: Najsłynniejszy młot świata nazywa się Mjölnir; to ten, który trzyma w rękach Thor, nordycki bóg burzy i piorunów. Tylko on

i jeszcze kilku superbohaterów zdołało go unieść (z różnych przyczyn, ponieważ scenarzyści z Marvel Studios wyjątkowo często i niespodziewanie zmieniają bieg swoich historii), ale dla reszty śmiertelników jest to zadanie niewykonalne, bo po prostu nie mamy na to dość siły.

Czy jest tak strasznie ciężki? Legenda głosi, że został wykuty z umierającej gwiazdy, co może się odnosić tylko do białych karłów, gwiazd neutronowych lub czarnych dziur. Zakładając, że jest naprawdę bardzo ciężki, dochodzimy do wniosku, że to musiała być gwiazda neutronowa, gdyż ona ma najwyższą gęstość. Tak wielką, że zawartość łyżeczki do herbaty materii uzyskanej z takiej gwiazdy ważyłaby 400 milionów ton, a Mjölnir miałby wagę 5 bilionów ton, zatem nawet ja nie mógłbym go unieść. I tu się gubię, bo podobna ilość masy musiałaby mieć tak wielkie własne pole grawitacyjne, że byłoby w stanie przyciągnąć każdy obiekt z odległości 10 kilometrów, i to z taką prędkością, że uderzenie w młot leżący na ziemi byłoby dla każdego śmiertelne. Thor trzyma młot w połowie, a nie za koniec… może dlatego, że jest bogiem, nie obchodzi go skuteczność uderzenia…

Cóż, to są sprawy superbohaterów – tym razem w pelerynach.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Ile waży młot Thora?”.

Odpowiedzieliście:

Instagram:

its_simple: Według rysunków Marvela z 1991 r., młot Mjölnir waży dokładnie 42,3 funta, czyli jakieś 20 kilogramów…

TotalFitness: Chciałbym spotkać Thora i osobiście go o to spytać :D

Twitter:

@wujek_dobra_rada: Może Thor by się nim stuknął w głowę?

Facebook:

Johny K.: Jeżeli włożysz go do windy, to winda pojedzie w górę, czy nie? Młot Thora nie podlega prawom fizyki, ale nieracjonalnym prawom boskim. Niegodny nie jest w stanie go podnieść z ziemi, ale wybrany przez ten młot może uwolnić cały jego potencjał, nigdzie się nie mówi, że musi mieć trzonek, ale będąc bogiem, może sobie go wyobrazić jako cienki albo gruby, chociaż ten ostatni bardziej by mu pasował ze względu na pioruny.

Ariel Alexis: Ciężar Mjölnira jest odwrotnie proporcjonalny do twojej godności i zasad.

Janusz Mocny: Wiem tylko, że pół Thora i pół Thora dają całego Thora.

Susanna Malinowski: To zależy. Czy waga jest godna podnieść taki młot?

Ada Lima: Jest cięższy niż „Despacito".

Greg Nowak: 42.

7
Jakie jest prawdopodobieństwo zaprzyjaźnienia się z istotą spoza naszej planety?

Pierwszy film, na którym pamiętam, że płakałem – po prostu rozpaczliwie – to był *E.T.*; tego dnia skończyłem dziesięć lat. Elliot znalazł prawdziwego przyjaciela, kogoś, kto go rozumiał bez słów, nieskończenie dobrego, czułego, bez śladu zła. Kogoś, kim się trzeba opiekować, ale kto też się chętnie zaopiekuje innymi, jeżeli będzie trzeba. Wspaniałego. I ten przyjaciel odchodzi.

Nie mogłem przestać płakać.

I nie tylko dlatego, że miałem dziesięć lat (płacz zawsze łatwo mi przychodzi w kinie, płakałem, oglądając *Wall·E*, a nawet *Krainę lodu* wraz z córką), ale dlatego, że przybył z innej galaktyki. Ilu rzeczy mógłbym się od niego dowiedzieć! Czy jest więcej takich E.T.? Czy jest możliwe, żeby jakiś przybysz z kosmosu wylądował akurat w pobliżu mojego domu, biorąc pod uwagę, że jakoś zawsze lądują w Stanach Zjednoczonych, a nigdy w Madrycie ani tym bardziej w Murcji… Zbyt wiele było tych pytań i emocji jak na dziesięciolatka; wtedy wszakże pozostała mi jedna wątpliwość, która mnie nadal prześladuje.

Czy tam w kosmosie ktoś jest, czy też jesteśmy sami pośród tej ogromnej przestrzeni kosmicznej? Odwieczne pytanie, jakie sobie zadaje ludzkość. Gdybyśmy odkryli jakieś życie pozaziemskie, a przede wszystkim gdyby to życie okazało się inteligentne, odkrycie takie byłoby najważniejszym w całej historii ludzkości.

Na razie nie mamy żadnego dowodu na to, że dzielimy Wszechświat z innymi żywymi istotami. Kiedy jednak podczas pogodnej nocy patrzymy na firmament (z miejsca nieskażonego latarniami, które kradną nam niebo w wielkich miastach), widzimy tysiące i tysiące gwiazd, innych słońc, takich jak nasze, wiele z nich otoczonych planetami, gdzie, być może, osiedliły się jakieś inne cywilizacje. A przecież z Ziemi widać tylko malutką część gwiazd, jakie w rzeczywistości istnieją. Tam przecież musi ktoś być!

Ile może być gwiazd we Wszechświecie? Ludzkie oko, bez pomocy teleskopu, potrafi doliczyć się pięciu tysięcy widocznych z powierzchni naszego globu, ale jest ich o wiele więcej. Już tylko sama Droga Mleczna, spiralna galaktyka z poprzeczką, na której obrzeżu znajduje się Słońce, liczy sobie od 200 do 400 miliardów gwiazd, w całym zaś Wszechświecie jest ich 70 tryliardów (7×10^{22}), czyli gwiazd jest więcej niż ziarenek piasku na całej Ziemi. Jest to liczba, którą z trudem potrafimy sobie uzmysłowić (oczywiście w jednym ludzkim mózgu jest tyle neuronów, ile gwiazd w galaktyce). Wiele z tych gwiazd może posiadać układy planetarne, krążące wokół nich, a na tych planetach może istnieć życie.

Jednym z pierwszych, którzy spróbowali stworzyć teorię dotyczącą skomplikowanego zagadnienia istnienia innych inteligentnych cywilizacji, był w 1961 roku astrofizyk Frank Drake. Znalazł on prostą formułę, dzięki której mógł w przybliżeniu obliczyć liczbę cywilizacji, jakie mogą istnieć w Drodze Mlecznej. Nie chcę w tej książce zadręczać cię formułami matematycznymi, ta jest jednak bardzo prosta:

$$N = R^* \times f_p \times n_e \times f_l \times f_i \times f_c \times L$$

W tym równaniu, które jest po prostu mnożeniem różnych wartości, N oznacza liczbę cywilizacji pozaziemskich. Z kolei po drugiej stronie równania następują mnożniki, które Drake uznał za mogące mieć wpływ na to obliczenie. R^* jest liczbą gwiazd, które powstają co roku w galaktyce i których życie jest na tyle długie, że umożliwia to rozwój życia w ogóle; f_p to ta część gwiazd, które są otoczone krążącymi wokół

nich planetami; n_e oznacza średnią liczbę planet znajdujących się w takiej odległości od gwiazdy, że istnieją na nich warunki idealne do życia, czyli nie są one ani zbyt blisko gwiazdy (dlatego jest tam gorąco), ani zbyt daleko (dlatego jest tam zimno) – znajdują się w tzw. ekosferze; f_l to ta część planet, gdzie rozwija się życie; f_i to ta część planet, na których rozwija się technologia, a planety f_c rozwinęły cywilizację, która zechce skomunikować się z ludzkością. I w końcu L to czas życia jakiejś rozwiniętej cywilizacji.

To równanie jest ciekawe, ponieważ zawiera elementy, które można obliczyć lub w przybliżeniu ustalić w naturalny sposób (jak liczba gwiazd, które powstają, czy część gwiazd posiadających system planetarny), a także elementy, powiedzmy, bardziej technologiczne i socjologiczne, wiążące się z rozwojem technologii komunikacji czy okresem istnienia jakiejś cywilizacji.

Ostatni z elementów, L, odnosi się do możliwości samozniszczenia jakiejś cywilizacji. Na przykład jakaś cywilizacja jest bardziej podatna na samozniszczenie, gdyż wynalazła bomby jądrowe. Tę liczbę należy włączyć, bo jeśli jakaś cywilizacja ulega zniszczeniu, to nie możemy się z nią skontaktować. Drake uważał, że cywilizacja może wysyłać sygnały przez 10 tysięcy lat. Nie wiemy jednak, czy to obliczenie nie jest zbyt optymistyczne: są tacy, którzy twierdzą, że rozwinięta cywilizacja będzie istnieć zaledwie 400 lat, a nawet tylko 100! Można również natrafić na opinie, że ludzka cywilizacja sama się zniszczy w ciągu niecałych 50 lat.

Strach pomyśleć…

Według obliczeń Drake'a, używając jego równania, w Drodze Mlecznej moglibyśmy wytropić dziesięć cywilizacji w ciągu roku. Inne, bardziej realistyczne obliczenia, na przykład sceptyka Michaela Shermera, zakładają, że wykrylibyśmy tylko jedną cywilizację na 70 milionów lat. Teoria Olduvai mówi, że jedna wysoce rozwinięta cywilizacja trwa zaledwie 100 lat, zatem w takiej sytuacji moglibyśmy odkryć obcą cywilizację raz na 1 miliard lat!

Ostatecznie równanie Drake'a wciąż jeszcze czeka na wiarygodne rozwiązanie, bowiem wartość większości jego składników (a nie tylko L)

nadal jest dyskusyjna.

Frank Drake był jednocześnie założycielem programu SETI zajmującego się poszukiwaniem inteligentnego życia poza naszą planetą. W ramach tego programu badacze całymi dniami śledzą pochodzące z przestrzeni kosmicznej sygnały radiowe i świetlne, które nie byłyby wytworem człowieka… jak dotychczas bez skutku. Na konferencji w 2012 roku specjaliści związani z SETI zapowiadali jednak, że taki sygnał zostanie wychwycony w ciągu najbliższych dwudziestu lat.

Astronomowie znają już tysiące planet pozasłonecznych (informacje o kolejnych odkryciach nadchodzą niemal każdego tygodnia), z czego na niektórych mogłoby istnieć życie. Jednym z ostatnio poznanych systemów (2015) jest system gwiazdy TRAPPIST 1, chłodnego czerwonego karła (o masie równej 8% masy Słońca), odległego od Ziemi o około 40 lat świetlnych (światło, pędząc ze swoją olbrzymią prędkością, musiałoby lecieć niemal 40 lat, żeby do niej dotrzeć). Wokół tej gwiazdy obraca się siedem planet, z których trzy lub cztery znajdują się w ekosferze gwiazdy. Po tym odkryciu, tak dla nas ważnym, można założyć, że takich niewielkich i chłodnych gwiazd jest znacznie więcej, co sugerowałoby, że mogłoby istnieć o wiele więcej zamieszkałych planet, niż do tej pory uważaliśmy. Być może już niedługo będziemy mogli porozmawiać z którąś z nich… przez Wszechświat.

A czy inne cywilizacje będą nas szukały? Możliwe. Wysyłanie im wiadomości mogłoby być wszak niebezpieczne, o czym niedawno poinformował John Gertz, prezes fundacji, która finansuje program SETI. Jego zdaniem możemy ich słuchać, ale mówić do nich – tak jakby przestrzeń międzygwiezdna była portalem społecznościowym – to zupełnie inna historia. Istnieją zwolennicy programu Active SETI, czyli osoby wysyłające sygnały radiowe z tekstem „Cześć!”, jednak dla Gertza ta praktyka jest „nierozważna, nienaukowa, potencjalnie katastrofalna i nieetyczna”. Poza tym jego zdaniem tego rodzaju działania są bezprawną dyplomacją, zakazaną przez ONZ.

Zatem pamiętaj: jeżeli otrzymasz jakiś sygnał pozaziemski, zanim na niego odpowiesz, powinieneś to skonsultować z władzami. Tak samo zresztą, kiedy spotkasz E.T.!

BOHATEROWIE BEZ PELERYN: Cecilia Payne początkowo studiowała botanikę, fizykę i chemię na Uniwersytecie w Cambridge w Anglii. Wobec niemożności uzyskania tytułu naukowego we własnym kraju w roku 1922 wyjechała do Stanów Zjednoczonych. Tam włączyła się do prac grupy Annie Jump Cannon na Uniwersytecie Harvarda w Harvard College Observatory, złożonej wyłącznie z kobiet, które skatalogowały widma ponad 250 tysięcy gwiazd. W 1925 r. doszła do wniosku, że gwiazdy są zbudowane głównie z wodoru i helu. Jej praca doktorska jest uważana za najbardziej błyskotliwą w historii astronomii. Przez dziesiątki lat nie miała oficjalnego stanowiska na Harvardzie. Zmarła 7 grudnia 1979 r. Warto przypomnieć jej piękną myśl, opisującą kwintesencję ducha każdego uczonego:

„Nagrodą dla młodego naukowca jest wrażenie, że jest on pierwszą osobą w historii świata, która coś widzi czy pojmuje. Z tym doświadczeniem nic nie może się równać".

To prawda, wysyłaliśmy już wiadomości w przestrzeń kosmiczną (są niczym butelki wrzucane do morza). Sonda Voyager, która wystartowała w 1977 roku i już opuściła Układ Słoneczny, ma na pokładzie kilka wyjątkowych złotych płyt (Voyager Golden Record). Zostały na nich nagrane informacje na temat Ziemi dla istot pozaziemskich. Ich pomysłodawcami byli sławni astronomowie Carl Sagan oraz Frank Drake. Płyty zawierają powitanie w 56 językach, w tym czterech dialektach chińskich i w esperanto. Są tam również nagrane inne, typowo ziemskie dźwięki, takie jak: bicie serca, odgłosy pociągu, wulkanów, wilków, ognia i pocałunków. Ponadto wybranych zostało 116 zdjęć, w tym ukazujące planety Układu Słonecznego, części ludzkiego ciała, delfiny, krokodyle, zbieraczy winogron, buszmeńskich myśliwych czy portret Jane Goodall z jej szympansami. Sonda Voyager

musiałaby lecieć jeszcze 40 tysięcy lat, żeby dotrzeć w okolice innego systemu planetarnego. Kto wie, może któregoś dnia dostaniemy odpowiedź.

Zadałem na portalach społecznościowych pytanie: „Jaka jest możliwość posiadania przyjaciela spoza Ziemi?".

Odpowiedzieliście:

Instagram:

juan_pablo: Taka sama, jak spotkać przyjaciela w metrze.

tonyrivas_01: Żadnych możliwości nawet tutaj... lepiej nie odpowiem :D

Twitter:

@Eduardo: Skoro nie mam przyjaciół Ziemian, chcę mieć takiego spoza Ziemi :D

Facebook:

Irving Parra: Kiedy już zbadamy cały Wszechświat, będziemy wiedzieli, czy go mamy, czy nie; na razie jednocześnie mamy i nie mamy przyjaciela spoza Ziemi.

Paco Alcácer: Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że już od dziecka mówi się nam, że po śmierci pójdziemy do nieba, być może wszyscy jesteśmy istotami pozaziemskimi?

8
Kolory nie istnieją

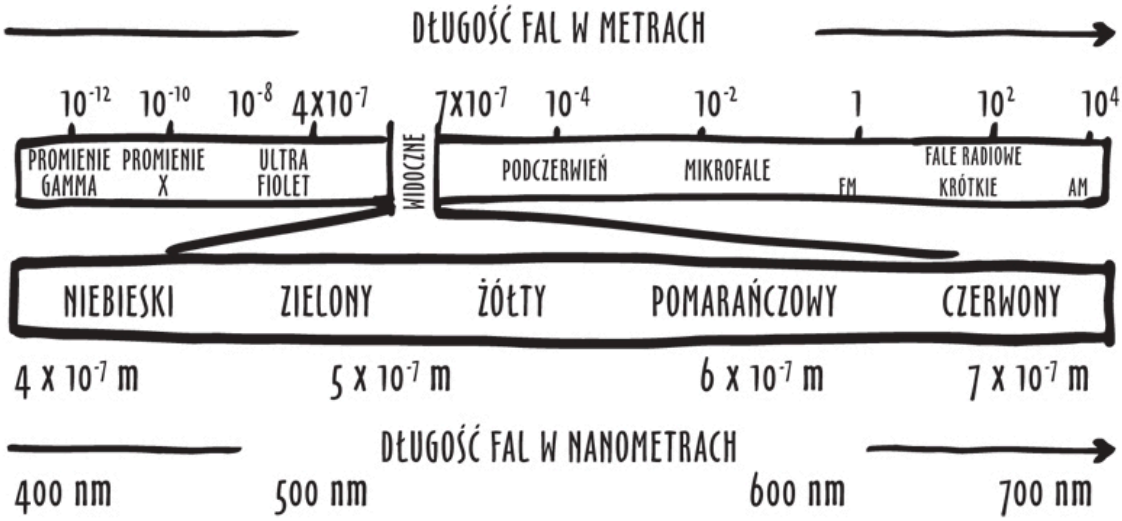
Kiedy idę do sklepu z ubraniami i dają mi do wyboru swetry: granatowy i czarny, zastanawiam się dłuższą chwilę, oglądam obydwa, często bardzo uważnie. Inni myślą, że mam coś w rodzaju objawienia czy olśnienia tekstylnego. Co jest temu gościowi?

Rzeczywistość jest taka, że jestem po trosze daltonistą i to mnie niemal zawsze zmusza do szukania pomocy, by móc odróżnić jeden odcień od drugiego. A ponieważ nie zawsze prosiłem o taką pomoc, mam w szafie cztery koszule czarne i jedną granatową. I to samo jest ze swetrami. To nie znaczy, że wolę czarny kolor albo wierzę, że w nim lepiej wyglądam! I nie to jest najgorsze. Powinieneś zobaczyć, jak śmiała się moja córka w dniu, kiedy przyszedłem do domu w nowych okularach, o których myślałem, że są szaro-srebrne. Okazało się, że są koloru liliowego.

W fizyce termin „światło" jest rozumiany jako część zakresu promieniowania znanego jako widmo elektromagnetyczne. Niemniej to, co powszechnie nazywamy światłem, to tylko część tego widma, ta, którą rejestruje oko człowieka.

Jak każde promieniowanie elektromagnetyczne światło składa się z cząsteczek elementarnych pozbawionych masy, zwanych fotonami, których właściwości, zgodnie z dualizmem korpuskularno-falowym, wyjaśniają cechy charakterystyczne ich fizycznego zachowania. I jak każda fala, w tym wypadku sferyczna, ma ona właściwości, które ją określają, czyli: amplitudę, częstotliwość czy długość fali, co jest rzeczywistą odległością, jaką zajmuje zakłócenie w określonym przedziale czasu.

Jednym słowem – w rzeczywistości kolory nie istnieją. Są po prostu formą, w której mózg tłumaczy sobie różne długości fal, jakie do niego trafiają przez oczy i nerw wzrokowy. Kiedy mówię, że barwy nie istnieją, to znaczy, że w przedmiotach nie ma niczego, co byłoby nieodłącznie związane z kolorem; to, co im nadaje kolor, to światło, które odbijają. Jeśli widocznym widmem jest takie spektrum jak tęcza – czerwone jabłko to takie, które odbija w naszych oczach czerwone światło, a pozostałe pochłania. Niebieski sweter odbija światło niebieskie, pozostałe zaś kolory pochłania. Wrażenie koloru istnieje tylko w naszych umysłach, jest naszą formą widzenia świata, ale poza naszymi mózgami kolory jako takie nie istnieją. Zatem broniąc się, mógłbym powiedzieć swojej córce, że moje okulary nie są liliowe, tylko po prostu bardziej odbijają właśnie ten kolor; mają długość fali charakteryzującą kolor liliowy. Ona śmiała się jednak do rozpuku – to była chwila jej triumfu – a ja zawsze uważałem, że dystans do samego siebie to bardzo ważna cecha. Wobec tego pozwoliłem jej się rozkoszować zwycięstwem.



Zauważmy, że jeżeli znajdujemy się w ciemności, czyli jeśli nie ma światła, które by się odbijało, przedmioty nie mają żadnego koloru. Czerń jest po prostu brakiem koloru. Kiedy coś jest czarne, to dlatego, że pochłania wszystkie częstotliwości (dlatego w czarnym ubraniu jest nam cieplej); przeciwnie – biel jest sumą wszystkich częstotliwości:

w białej koszulce jest nam chłodniej, ponieważ odbija ona całe światło i nie pochłania żadnego z kolorów (dlatego ubrania mieszkańców hiszpańskiej Ibizy są zwykle białe).

Niepokoi nas myśl, że to, co my nazywamy kolorem niebieskim, być może nie jest takie samo dla ciebie jak dla mnie; możliwe, że ty widzisz morze tak, jak ja widzę kolor czerwony, ale ty go nazywasz kolorem niebieskim, bo tak cię nauczono. Ponieważ jesteśmy zamknięci w naszych własnych umysłach, trudno to sprawdzić. Bo w jaki sposób mógłbyś wytłumaczyć innej osobie, jak widzisz kolor czerwony? Albo jak mógłbyś tłumaczyć kolory komuś, kto jest niewidomy od urodzenia?

W ramach widzialnego spektrum mamy kolory od czerwonego (którego fala ma długość około 700 nanometrów) do fioletu (tu długość fali wynosi jakieś 400 nanometrów). Między nimi mieści się reszta kolorów, ułożonych według długości fali, która jest odpowiedzialna za kolejność barw tęczy i wszystkich odcieni, jakie możesz dostrzec w kolejności, gdy zapada zmierzch.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Kiedy promienie Słońca przenikają małe kropelki wody, znajdujące się w ziemskiej atmosferze, światło słoneczne rozprasza się i wtedy widzimy całe widmo słoneczne, czyli tęczę. Dlatego tęcza powstaje wtedy, kiedy na to pozwala wilgoć w powietrzu i kąt padania promieni słonecznych. Kolory tęczy stopniowo przechodzą jedne w drugie, ale grupują się przede wszystkim w siedmiu głównych, w następującej kolejności: czerwony, pomarańczowy, żółty, zielony, cyjan, niebieski i fioletowy.

To Izaak Newton, za pomocą pary pryzmatów, używanych w jego czasach do zabawy (1667), był pierwszym, który zdołał rozszczepić światło słoneczne – aczkolwiek nie rozumiał, dlaczego tak się dzieje (wtedy jeszcze nie wiedziano, że światło to fale). Ciekawe, że kolory ułożył inaczej (czerwony, pomarańczowy, żółty, zielony, niebieski, indygo, fioletowy), niż przyjmuje się obecnie.

Ale dlaczego siedem kolorów, skoro jest ich przecież o wiele więcej? I czy ktoś rzeczywiście wie, co to za kolor „indygo"? Jak w historii o moich okularach? Prawdę mówiąc, mógłbym określić sześć czy osiem barw, jednak ranga kultury greckiej, w której liczba siedem jest podstawą, była jeszcze wtedy bardzo wysoka. A może uważasz, że to przypadek, iż Pitagoras opierał się na siedmiu nutach muzycznych albo że siedem było tradycyjną liczbą w dawnych grach dziecięcych?

Prawda, Królewno Śnieżko?

CIEKAWOSTKA POP: Dobrze o tym wiedział Storm Thorgerson, nadzwyczajny brytyjski grafik, który opracował okładki płyt dla takich piosenkarzy i zespołów, jak Peter Gabriel, Led Zeppelin, The Cranberries… i Pink Floyd w 1973 r. Z kolei Bob Peak pamiętał o tym, kiedy robił plakat do filmu *Star Trek* w 1979 r. Widać to również w logo firmy Apple z 1976 r., na którym – proszę! – pojawia się Newton.

To wszystko powoduje, że podejrzewam, iż w latach siedemdziesiątych tęcza to było coś więcej niż tylko zjawisko optyczne i meteorologiczne…

Fale o długościach większych niż czerwień to podczerwień albo fale radiowe – ani jednych, ani drugich nie widzimy. Przy długościach mniejszych niż fiolet mamy ultrafiolet, promienie X czy promienie gamma, które także są niewidoczne, a przy tym bardzo energetyczne, dlatego mogą nam szkodzić. Z całego światła, jakie istnieje, możemy widzieć zaledwie wąski pas: pomiędzy czerwonym a fioletowym. Oczywiście pozostałe częstotliwości możemy wykrywać za pomocą różnych urządzeń. Na przykład przez aparaty fotograficzne na podczerwień możemy widzieć w ciemnościach tak jak Terminator, ponieważ my, ludzie, z powodu naszej temperatury wydzielamy światło w częstotliwościach podczerwieni. To tak, jakby nasze ciało świeciło w zależności od ciepła, które wydziela. Dobrze o tym wiedzą węże,

piranie i komary, które potrafią wykrywać podczerwień. Dlatego zawsze w końcu cię znajdą, nawet w nocy.

A teraz dochodzimy do mojej niemożności odpowiedniego rozróżniania niektórych kolorów, zwłaszcza tych, które są odmianami niebieskiego (o dziwo – mojego ulubionego!). Daltonizm jest dowodem na to, że światło zależy od tego, jak się patrzy, oraz na to, że nie wszyscy widzimy jednakowo. To zaś zostało ustalone przez chemika Johna Daltona (stąd nazwa), ma przyczyny genetyczne i jest dziedziczne, poza tym częściej spotykane u mężczyzn (dotyka mniej więcej 8%) niż u kobiet (0,5%). Daltonizm ma wiele odmian: niektóre osoby w ogóle nie widzą barw (achromatopsja), inne mają niewielkie problemy z rozróżnianiem takich kolorów, jak czerwony, zielony czy niebieski, zwanych podstawowymi, które Newton ustalił w swoim dziele *Optyka* w 1704 roku.

Przyczyna daltonizmu tkwi w receptorach siatkówki oka (o których już mówiłem w poprzednim rozdziale): czopkach i pręcikach. Podczas gdy pręciki służą do mierzenia jasności i odróżniania czerni, bieli i całej gamy szarości, czopki odpowiadają za rozróżnianie czerwieni, zieleni i niebieskiego, z których powstają wszystkie pozostałe kolory. Stąd skróty angielskie RGB (*red, green, blue*), jakie widujemy na projektorach filmowych, kineskopach starych telewizorów czy drukarkach laserowych. Oznacza to, że wszystkie kolory dla informatyka czy grafika komputerowego ograniczają się do wartości liczbowej od 0 do 255, które to liczby wyznaczają trzy zmienne opisujące określony kolor. To jest przyczyna, dla której początkowo na ekranie można było rozróżnić tylko 216 kolorów (sześć do potęgi trzeciej). Wyższość monitorów 24-bitowych pozwala obecnie na przedstawienie aż 16,7 miliona kolorów. Tak samo w sztukach graficznych używa się skali Pantone, która ustala kod każdej barwy. To bardzo pożyteczne, kiedy masz malować mieszkanie albo chcesz określić kolor logo swojej firmy. Na naszych siatkówkach nie ma jednak receptorów na kolor żółty, są tylko na mieszaninę czerwieni i zieleni. Daltoniści mają zmodyfikowane te geny, które produkują pigmenty czopków, i ich trudność w rozpoznaniu tego czy innego koloru zależy od deficytu określonego pigmentu.

Już niezależnie od tego, czy jestem, czy nie jestem daltonistą, zawsze pasjonował mnie świat kolorów; na przykład wielość rozmaitych odcieni czerwonego, którą można zobaczyć w sklepie ze szminkami (m.in. *russian red*, od której wzięła pseudonim słynna hiszpańska wokalistka Lourdes Hernández). Albo legenda – nie wiem, czy prawdziwa, czy nie – że Inuici, mieszkający na lodowych równinach, potrafią rozróżniać rozmaite odcienie bieli, które dla innych ludzi są identyczne. (Jak dla mnie! Nie potrafię odróżnić, czy ściana jest pomalowana złamaną bielą, bielą kości słoniowej czy bielą nuklearną).

Poza tym fascynuje mnie, jak z tego korzysta natura. Zwierzęta używają kolorów, żeby nie było ich widać (jak kameleon z jego zdolnościami do kamuflażu), czy przeciwnie, żeby je było widać bardzo wyraźnie, co ma rozmaite wytłumaczenia: z jednej strony może chodzić o pokazanie się jak najatrakcyjniej osobnikowi przeciwnej płci, z drugiej o ostrzeżenie, że jest się niebezpiecznym (na to trzeba bardzo uważać, ponieważ niektóre osy czy węże bywają trujące); nie mówiąc już o tym, że pigment skóry zwierzęcia może mu służyć do ochrony przed promieniami słońca. Nas, ludzi, dziwacznych stworzeń, to ostatnie zachwyca i wydajemy mnóstwo pieniędzy tylko po to, żeby się opalić. Krzykliwe barwy kwiatów służą przyciąganiu uwagi ptaków i pszczół, które pomagają im się rozmnażać; im bardziej atrakcyjny kolor, tym łatwiejsze będzie zapylanie.

Poza tym kolory pozwalają nam się bawić całą gamą barw kwiatów przy dekorowaniu domu albo szykowaniu podarunku…

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Jednym z moich ulubionych zwierząt jest skorupiak rawka błazen (i nie dlatego, że mi przypomina film *Wall-E*, choć może zresztą też). Żyje w morzach strefy Indopacyfiku i ma najbardziej skomplikowany narząd wzroku, jaki zna nauka. A to dlatego, że posiada dwanaście rozmaitych rodzajów fotoreceptorów (ustaliliśmy już, że my ich mamy tylko trzy) i potrafi rozróżnić światło spolaryzowane i promieniowania zarówno podczerwone, jak i ultrafioletowe. Poza tym

każde oko, które porusza się niezależnie, jest podzielone na trzy części, a w każdej z nich znajduje się pseudoźrenica, pozwalająca jej widzieć trzy obrazy ofiary w tym samym czasie. To daje potrójną wizję i wyjątkową ocenę głębi, tak wyjątkową, że służy do badań naukowych, mających na celu poprawę technologiczną naszych urządzeń DVD. Czy po Blu-ray następnym krokiem będą *Odontodactylus scyllarus* – bo tak się naukowo nazywa ten skorupiak?

Mógłbym na tym skończyć, ale teraz będzie najlepsze. Jeden z jego kuzynów, krewetka pistoletowa, kiedy zatrzaskuje szczypce, wytwarza tak ogromne i błyskawiczne ciśnienie w wodzie, że powoduje falę uderzeniową i sonoluminescencję, zdolną podnieść temperaturę bąbelków powietrza do 6000˚C, czyli takiej, jaka panuje na powierzchni Słońca. Fale uderzeniowe skierowane na zdobycz powodują, że ofiara ginie albo pada, ogłuszona efektem „wystrzału" o natężeniu 200 decybeli. Niewiele szklanych ścian akwariów jest w stanie tę falę wytrzymać, jeśli nie są specjalnie wzmocnione.

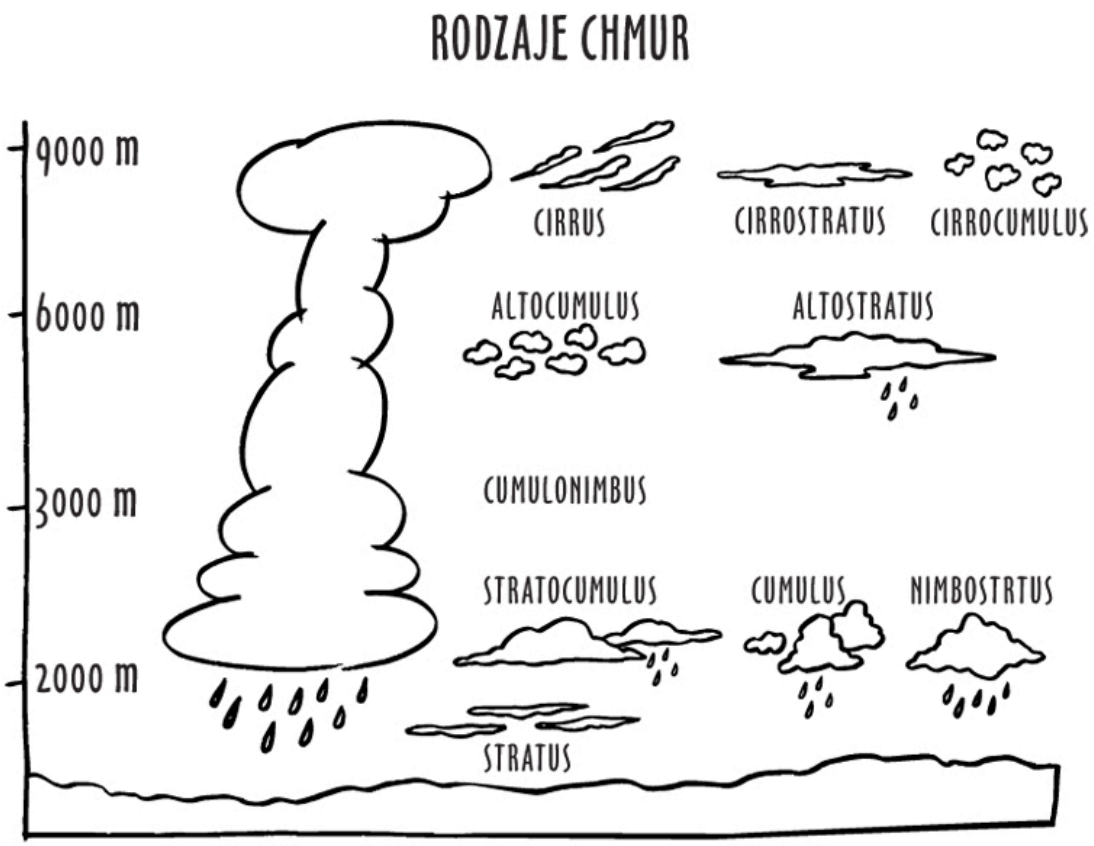
A to wszystko robi pewien wspaniały „snajper" żyjący w rafach koralowych.

9
Ile słoni waży chmura?

Kiedy byłem mały, wszystkie chmury miały dla mnie kształt niedźwiedzi – nie pytajcie mnie dlaczego. Możliwe, że zanadto się przejąłem serią japońskich filmów animowanych *Mali mieszkańcy wielkich gór – Dżeki i Nuka,* opowiadających o przygodach dwóch niedźwiadków z puszczy Tallac, bliźniąt (jak moja siostra Silvia i ja) zagubionych w lesie po tym, kiedy myśliwy zastrzelił ich matkę. Biedactwa! Choć dla porządku muszę dodać, że moja siostra aż tak bardzo się nimi nie przejmowała. Ona widziała w chmurach króliki, grzyby, dziewczynki, rakiety, a nawet sportowe samochody – zrobione z białej cukrowej waty.

Chyba wszyscy kiedyś się tak bawiliśmy: rzucaliśmy się na ziemię na łące, patrzyliśmy w niebo i wypatrywaliśmy w kształtach chmur różnych postaci. Często zdarzały się sprzeczki: tam, gdzie jeden widział głowę smoka, inny – niedźwiadka koalę; nie mogliśmy się pogodzić. Poza tym procesy atmosferyczne sprawiają, że chmury bez przerwy zmieniają swoje kształty, deformują się, poruszają, znikają… Patrzenie na chmury mówi nam zatem o nietrwałości wszystkiego, co istnieje, i o tempie, w jakim wszystko we Wszechświecie się zmienia.

Dzisiaj już nie bawię się w wynajdywanie kształtów w chmurach (chociaż może powinienem? Bo ja wiem…), ale często latam samolotem i wtedy zadziwia mnie sposób, w jaki zdominowały one przestrzeń powietrzną, jak rozmaicie malują zmierzch i świt i jak malutki staje się przy nich boeing 747.



Ale jeżeli lubisz patrzeć na chmury (albo bujać w obłokach), nie sądź, że jesteś w tym odosobniony! Na Półwyspie Iberyjskim istnieje Iberyjskie Stowarzyszenie Obserwatorów Chmur (szukaj ich na Facebooku), organizujące kongresy na szczeblu krajowym i międzynarodowym. Jednym z najbardziej znanych obserwatorów jest Gavin Pretor-Pinney, autor rozkosznej książki *The Cloudspotter's Guide* (*Przewodnik obserwatora chmur*) i założyciel Cloud Appreciation Society. W swojej książce Pretor-Pinney broni tego pozornie bezużytecznego działania, jakim jest obserwacja chmur, i objaśnia rozmaite ich typy, jakie możemy dostrzec na niebie: cirrusy, stratusy czy groźne cumulonimbusy, zwisające z nieba jak wielkie kowadło, z którego wychodzą burze.

Ale czym właściwie jest chmura? Chmury to skupiska pary wodnej, skondensowanej do małych kropli, kryształków lodu lub płatków śniegu (w zależności od temperatury), które powstają na skutek parowania

wody z powierzchni ziemi, przede wszystkim z oceanów, co jest efektem działania energii słonecznej. Te krople lub kryształki są tak małe (od 0,2 do 0,3 mm), że unoszą się w powietrzu; dopiero kiedy urosną na skutek niskich temperatur i osiągną wielkość milimetra (lub więcej), zmieniają się w deszcz i spadają na nasze głowy lub parasole. Są one jednym z elementów cyklu hydrologicznego: woda paruje i tworzy chmury, z chmur pada deszcz i woda powraca na powierzchnię ziemi, by z powrotem parować – i tak w kółko, bez końca. Pośrodku tego procesu znajdujemy się my – ludzie – którzy używają wody z rzek i z powrotem zwracają ją jej naturalnemu cyklowi.

Oprócz swojej fundamentalnej roli w tym cyklu chmury spełniają też inne zadania: rozprowadzają energię słoneczną, dzięki czemu ujednolica się temperatura na naszej planecie. *Albedo* to parametr określający zdolność odbijania promieni słonecznych przez daną powierzchnię. Najbardziej odbijają światło tereny pokryte lodem czy śniegiem, a także same chmury. Pochłaniają one około 22% światła słońca, które odbija się od nich i dzięki temu nie rozgrzewa zanadto planety. I tak mniej więcej trzecia część energii słonecznej odbija się od powierzchni. Chmury powodują też efekt cieplarniany, oddając planecie jakąś część emisji podczerwieni, którą ona wytwarza; inaczej mówiąc, chmury z jednej strony pomagają oziębić Ziemię, z drugiej zaś ją ogrzać. Aczkolwiek, jeśli uwzględni się oba te zjawiska, wynikiem „netto" będzie oziębienie.

Chmury tworzą się w częściach atmosfery o niskim ciśnieniu. Tam ciepłe powietrze podnosi się, aż dochodzi do obszaru o niższej temperaturze, w którym zawartość wody w powietrzu kondensuje się i powstają chmury. W zależności od takich czynników, jak wysokość, temperatura czy ciśnienie, powstają rozmaite rodzaje chmur. Warto przy tym zauważyć, że chmury, chociaż czasem robią wrażenie ścisłych i gąbczastych, takie nie są, o czym można się przekonać, kiedy leci się samolotem i przez nie przelatuje. Nie mam pojęcia, na jakiego rodzaju chmurze jeździł Son Gokū w filmie *Dragon Ball* i jak ta chmura była w stanie utrzymać jego ciężar.

Jest w chmurach coś, o czym zresztą mówiłem, co mnie bardzo interesuje: dlaczego wyglądają na stałe, skoro wydają się raczej gazem?

Gdyby chmury były tylko parą wodną, nie moglibyśmy ich tak łatwo zobaczyć, ponieważ zazwyczaj jest ona niewidoczna. A byłoby szkoda… na pewno. Jak już mówiliśmy, chmury są złożone z maleńkich kropelek i kryształków; kiedy na chmury padnie światło słoneczne, rozpraszają je, odbijając wszystkie kolory tworzące białe światło i nadając sobie tym samym wygląd czegoś miękkiego. Bywa, że chmury są ciemniejsze, ciemnoszare albo prawie czarne – gdy takie pojawiają się na horyzoncie, zwiastują coś złego. Taki efekt powstaje po prostu wtedy, kiedy są zbyt gęste i światło z trudem się przez nie przebija. Wielkie chmury burzowe potrafią mieć 20 kilometrów średnicy i są matowe. Zatem nie mylimy się, kiedy widząc czarne chmury, przepowiadamy deszcz.

Teraz chyba wiemy już to, co konieczne, na temat chmur (i jeszcze na kilka innych tematów), żeby udzielić odpowiedzi na nasze początkowe pytanie: ile słoni waży chmura? Na pierwszy rzut oka chmura wygląda jak wata, można by więc powiedzieć, że nie waży zbyt wiele; kto wie, może moglibyśmy ją unieść na własnych barkach.

Tymczasem rzeczywistość jest zupełnie inna. Przypomnijmy sobie, że chmury składają się z wody i że woda waży (niemało, a dokładnie 1 litr czystej wody w normalnych warunkach waży niemal dokładnie 1 kilogram). Prawda? Proszę, niech nas o to spytają, kiedy taszczymy butelki z wodą z supermarketu! Najwyraźniej wszystko zależy od rozmiaru chmury, a przecież nie ma dwóch jednakowych, a także od pozostałych gazów czy zawieszonych w nich cząstek materii.

Genialne jest to, że chociaż logika nam podpowiada, że ich masę w Międzynarodowym Układzie Jednostek Miar powinno się podawać w kilogramach, to w wypadku chmur stosuje się często szczególną miarę oceny ich wagi: słonie. Według obliczeń Narodowego Centrum Badań Atmosfery w Boulder (stan Kolorado, USA) średniej wielkości cumulus (jedna z najpospolitszych chmur) waży około 100 słoni (zakładając, że słoń waży średnio 6 ton), natomiast cumulonimbusy, wielkie chmury burzowe, mogą osiągać – drobiazg! – wagę 200 000 słoni. Co za szczęście, że deszcz pada z chmur stopniowo, a nie zlatuje nam cały na głowę na raz, bo byłby wtedy jak bombardowanie, przemieniające w gruzy całe wsie i miasta, i by nas zgniótł. Na szczęście cały ten ciężar zostaje rozłożony na maleńkie krople, z których każda

waży bardzo niewiele. To wszystko uzmysławia nam, jak wiele kropel potrzeba do stworzenia chmury: zakładając, że 20 kropel mieści się w jednym mililitrze, w naszym cumulonimbusie są ich 24 biliony. A teraz wyobraźmy je sobie wszystkie razem, wiszące na niebie, jako 200 000 słoni, które tworzą chmurę.

Albo smoka… albo niedźwiadka.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Ile waży chmura?".

Odpowiedzieliście:

Instagram:

felicita: Chmury składają się z wody. Nie? Więc trzeba przeliczyć litry na kilogramy.

Twitter:

@AlicjaFiesta: Zależnie od zwierzęcia, do którego są podobne.

@gagarin: Roberto, 6 lat: „Ważą bardzo mało, bo przecież nie spadają z nieba. Są jak gąbki".

Facebook:

Ania Lewa: Mój mąż mówi: „Daj mi chmurę, a ja zobaczę, czy mogę ci to obliczyć".

10
My, mańkuci, nie jesteśmy rzadkością. No, może trochę

Jestem mańkutem i przez całe życie musiałem walczyć ze światem zaprojektowanym przeciwko mnie. Najbardziej oczywista jest komplikacja związana z pisaniem od lewej do prawej, czyli przesuwając rękę nad tym, co się napisało przed chwilą, i z reguły smarując się przy tym atramentem, jeżeli się nie uważa. Poza tym piszę bardzo dziwnie, skomplikowanie i pochyło, wykonując w powietrzu zagmatwane zawijasy i przelatując ręką nad literami. Dlatego nigdy nie mogłem używać pióra i, co gorsza, tych cudownych długopisów, które można ścierać i które mieli wszyscy moi koledzy w szkole. Ci sami koledzy, którzy się na mnie obrażali na egzaminach, ponieważ kiedy niechcący zakrywałem ręką to, co napisałem, nie mogli ode mnie ściągać. Nie mówiąc już o najtrudniejszym, czym dla leworęcznego jest otwieranie prawą ręką puszek albo używanie nożyczek, które są zaprojektowane dla praworęcznych! Albo kiedy przeszkadzamy przy stole, mając nóż i widelec nie w tej ręce, co trzeba, przez co trącamy łokciem tego, kto siedzi obok nas! Kiedy idę na obiad do domu rodziców, nie mam takiego problemu, ponieważ zawsze siadam obok brata, też mańkuta. A w innym razie pozostaje mi tylko (o co zwykle proszę) siadanie na rogu stołu.

W mojej codziennej pracy, czyli przy nagrywaniu wideo, kiedy piszę na tablicy, być mańkutem jest nawet lepiej. Tym razem, w przeciwieństwie do tego, co się dzieje, kiedy piszę na kartce, na szczęście nie zasłaniam tego, co piszę, i uczniowie mogą bez trudu

śledzić moje wyjaśnienia. A skoro już jesteśmy przy YouTubie i leworęcznych, czy to przypadek, że JulioProfe, inny belfer – matematyk (w dodatku bardzo dobry), też jest leworęczny?

Przypuszczam, że w takich drobiazgach jak te i w podobnych, o których nie pomyślałem, przez bardzo długi czas leworęczność była piętnem, wierzono nawet, że taki ktoś ma złośliwy charakter, i dlatego starano się od dziecka zmieniać leworęcznych na praworęcznych (przecież łacińskie słowo *sinister* oznacza zarówno „lewy", jak i „zły, złośliwy, przewrotny").

Jednakże my, leworęczni, staramy się walczyć: dostosowujemy się, ciągle pokonujemy przeszkody. Niektórzy z was znają zapewne zdanie Darwina: „Przetrwa nie to stworzenie, które jest najsilniejsze, ale to, które się najlepiej przystosuje do zmian". Był taki czas, że leworęcznych zaczęto nawet uważać za bardziej kreatywnych czy wręcz genialnych. Ostateczną korzyścią jest to, że możemy bez rumieńca wstydu nosić koszulki z nazwiskami tak sławnych mańkutów, jak: Albert Einstein, Marilyn Monroe, Barack Obama, Maria Skłodowska-Curie, Lady Gaga czy Jimi Hendrix, który grał „w drugą stronę" na gitarze dla praworęcznych, i wielu innych: w sumie od 10 do 15% całej populacji. Mamy nawet Międzynarodowy Dzień Osób Leworęcznych – 13 sierpnia.

Dlaczego niektóre osoby są leworęczne? Przyczyna tego, jak dotąd, pozostaje niewyjaśniona; w każdym razie nie do końca, ale istnieją badania, które próbują rzucić światło na to zjawisko. Tradycyjnie uważano, że leworęczność wiąże się z aktywnością lewej lub prawej półkuli mózgu podczas rozwijania się płodu. Ostatnio badacze z uniwersytetu w Bochum w Niemczech zauważyli, że łączy się ona nie tyle z rozwojem mózgu, ile rdzenia kręgowego. Wiadomo, że po ośmiu tygodniach rozwoju zarodka istnieją już różnice genetyczne pomiędzy lewo- i praworęcznymi; chodzi o ekspresję pewnych genów rdzenia kręgowego, które kontrolują ruchy kończyn. Zatem kiedy w szkole zastanawiałeś się, czy jesteś lewo-, czy praworęczny, kiedy zabierałeś się do pisania, nie byłeś tego pewien, bo ta cecha jest o wiele wcześniejsza, a mówiąc dokładniej, zaczyna się jeszcze przed urodzeniem. Istnieje również inne odkrywcze studium: sprawdzano, palec której ręki ssał embrion w macicy matki, po czym po dziesięciu latach kontaktowano

się z tymi dziećmi. Rezultat był następujący: 100% tych dzieci, które w łonie matki używały prawej ręki, było praworęczne, natomiast tylko 67% tych, które ssały palec lewej ręki – leworęczne. Wpływ na to ma nie tylko genetyka, ponieważ istnieją inne czynniki, niezdeterminowane genami, ale zespołem reakcji chemicznych, jakie mogą modyfikować działanie DNA bez zmieniania jego sekwencji. Nazywa się to epigenetyką.

Mózg kontroluje ciało „na krzyż". Lewa półkula, która kontroluje ruchy prawej strony ciała i dominuje u wszystkich praworęcznych, jest związana z takimi funkcjami, jak mowa, pisanie, liczenie, matematyka czy logika. Problem leworęcznych jest wszakże bardziej skomplikowany i dlatego jesteśmy inni. Połowa leworęcznych, tak zwanych jednorodnych, ma dominującą prawą półkulę, która rządzi tyloma funkcjami specjalistycznymi co druga, jednak opracowuje i procesuje informacje w odmienny sposób, bez użycia konwencjonalnych mechanizmów do analizy myśli. Prawa półkula jest tą, która integruje, jest ośrodkiem zdolności wizualno-przestrzennych niewerbalnych, wyspecjalizowanym w odbiorze uczuć, wrażeń i szczególnych zdolności, takich jak akcent czy intonacja słów lub innych odczuć wizualnych i dźwiękowych, jak te związane ze sztuką czy muzyką. Poza tym postrzega sytuacje i strategie myślenia w formie totalnej, nie fragmentarycznej. I, jak już mówiłem, sprawa się komplikuje, ponieważ u drugiej połowy leworęcznych, tak zwanych leworęcznych częściowo, obie półkule działają symetrycznie; któraś z półkul może u nich dominować, jednak tylko w nieznacznym stopniu. Tak jest w moim wypadku: chociaż jestem leworęczny niemal we wszystkim, nie potrafię na przykład kopnąć piłki lewą nogą. Jak to się zwykle mówi w świecie futbolu, używałem lewej nogi tylko do podpierania się. Byłem szybki, starałem się, ale nie miałem dobrej koordynacji, przede wszystkim przy unikach, i zanim się zorientowałem, już grałem na bramce, co szło mi całkiem dobrze.

Wszystko to wyjaśnia, że istnieje wiele wcześniej przemyślanych idei, jak na przykład niezliczona liczba naukowych studiów na nasz temat. W żadnym wypadku nie zdołano udowodnić, że jesteśmy inteligentniejsi czy zdolniejsi od innych. Więcej: według badań

Merrimack College w Massachusetts i innych uniwersytetów okazuje się, że w związku z emocjonalnym charakterem leworęczni i oburęczni są bardziej skłonni do emocji negatywnych, takich jak strach czy stres; poza tym są bardziej wstydliwi i wrażliwi w konfliktach czy dyskusjach.

Pewnie jest tak dlatego, że muszą żyć w świecie, który nie został zaprojektowany dla nich.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Zeszłe lato spędziłem w Afryce Południowej. I byłem nieco wystraszony. Tak samo jak w Anglii, Japonii, Australii i wielu dawnych koloniach brytyjskich obowiązuje tam ruch lewostronny. Jak miałem przyjąć tę zmianę na trasie prawie dwóch tysięcy kilometrów, skoro od ponad dwudziestu lat jeździłem zawsze prawą stroną? Czy oznaczało to dla mnie jedno niebezpieczeństwo więcej, które dołączyłbym do długiej listy tych, z jakimi musiałem się zetknąć? I dlaczego zasady ruchu w tym kraju są odmienne? Chociaż byłem przekonany, że to wszystko wina Anglików i ich manii sprzeciwiania się (na przykład z uporem liczą w milach i funtach zamiast w kilometrach i kilogramach), zainteresowałem się tym zjawiskiem i zacząłem szukać w Internecie przyczyn tej różnicy. To, co odkryłem, bardzo mnie zaskoczyło.

W średniowieczu, aby ułatwić sobie swobodę ruchów podczas turniejów, rycerze trzymali lance prawą ręką i atakowali prawą stronę przeciwnika. A kiedy zawracali, robili to przez lewe ramię, z prawą ręką na mieczu na wypadek, gdyby nadjeżdżający z przeciwnej strony jeździec nie zachował się przyjaźnie i trzeba było błyskawicznie się bronić. Podobnie było z powozami konnymi. Woźnice używali bicza do chłostania prawą ręką, natomiast w lewej trzymali wodze; w ten sposób eliminowano ryzyko skaleczenia przechodniów idących obok pojazdu czy innych pasażerów jadących w przeciwnym kierunku.

Kto postanowił to zmienić? Francuzi. Przed rewolucją francuską arystokracja zazwyczaj jechała po lewej, lud zaś po prawej stronie drogi. W ten sposób wytworni arystokraci mogli jechać szybciej niż plebs. Wraz ze zburzeniem Bastylii i groźbą utraty głowy na gilotynie zaczęli poruszać się drogą razem z obywatelami, żeby nie zwracać na siebie uwagi. W 1794 r. w Paryżu wprowadzono zmianę kierunku ruchu, którą stopniowo zaczęły przejmować inne kraje.

Oczywiście z wyjątkiem Anglików.

W końcu mój jedyny problem z samochodem w Afryce Południowej nie miał nic wspólnego z kierunkiem ruchu (do którego zresztą, jako

leworęczny, przyzwyczaiłem się w ciągu pół godziny; uważam w gruncie rzeczy, że tam właśnie znalazłem swoje właściwe miejsce na szosie), ale ze słoniem: aby uniknąć ataku zwierzęcia na mój samochód, musiałem się cofnąć w ciągu tysięcznej części sekundy, a po kolejnych tysięcznych częściach sekundy zderzyłem się z wozem o napędzie 4 x 4, pełnym Amerykanów…

Nie wiem, lewo- czy praworęcznych.

Ogłoszono też inne ciekawe rezultaty badań. Jedno z nich, przeprowadzone przez naukowców z Uniwersytetu Harvarda, dowiodło, że leworęczni zazwyczaj zarabiają mniej, i związane jest to ponoć z tym, że ich kłopoty z kontrolowaniem emocji przeszkadzają w studiach i w pracy (*WTF??!!*). Pojawia się tam też informacja, że nie zdarza się to w tej samej proporcji leworęcznym dzieciom leworęcznych matek, dzięki czemu mniej cierpią one podczas procesu adaptacji. Z kolei w Irlandii badacze z University College Dublin, po znalezieniu ścisłej korelacji pomiędzy leworęcznością a częstością spożywania alkoholu, zdecydowali, że leworęczni są bardziej skłonni do wypijania zbyt wielu kieliszków niż praworęczni (którzy też tam swoje wypijają). To nie oznacza, że mózgowa dyspozycja leworęcznych wiąże się z przesadną konsumpcją czy po prostu z alkoholizmem, jak utrzymują naukowcy; raczej podejrzewam, że wszystko to jest wynikiem kaprysu statystyki i prawdopodobieństwa, których przewidywania są poprawne jedynie dla nieskończenie licznych próbek.

Nie sądź, że dla leworęcznych wszystko jest negatywne. W niektórych plemionach Oceanii spotyka się nieproporcjonalnie wielką liczbę leworęcznych. Przyczyną tego – jak przypuszczają antropolodzy – jest ta okoliczność, że przez wieki byli oni bardziej zwinni w walce, ponieważ przeciwnicy, którzy zawsze ćwiczyli z praworęcznymi, nie spodziewali się ich ciosów i zaskoczeni padali pokonani. W ten sam sposób, dzięki swojej odmienności, w świecie sportu może to decydować o przewadze, ponieważ my, leworęczni, potrafimy zaatakować przeciwnika z tej strony, do której większość z nich nie jest przyzwyczajona. Mnie samemu udało się – a przez wiele lat byłem dżudoką – zobaczyć wyraz

twarzy przeciwników, gdy radziłem sobie z ich chwytem i wykorzystywałem swój albo próbowałem wytrącić ich z równowagi od strony, do której nie byli przyzwyczajeni! Tak samo jest z bokserami, tenisistami... Spytajcie o to przeciwników jednego z moich idoli, całkowicie leworęcznego Rafaela Nadala! Co ciekawe, jest on leworęczny tylko w tenisie, bo jego wuj i trener jednocześnie, Toni Nadal, postanowił, kiedy Rafael miał dziewięć lat, że grając w ten sposób, będzie silniej uderzał piłkę i bardziej zaszkodzi przeciwnikowi. Jak napisał w swojej powieści Benjamín Prado: „Nigdy nie podawaj ręki leworęcznemu rewolwerowcowi". Podczas pojedynku o świcie, kiedy będziesz podawał mu prawą rękę, może do ciebie strzelić z lewej.

BOHATEROWIE BEZ PELERYN: Rafael Nadal Parera (ur. na Majorce 3 czerwca 1986 r.) jest uważany za najlepszego hiszpańskiego sportowca i, oczywiście, najlepszego tenisistę na kortach ziemnych wszech czasów, jeśli nie na wszystkich nawierzchniach – za pozwoleniem Rogera Federera...

Rafael wygrał 17 turniejów Wielkiego Szlema (jedenaście razy Roland Garros), zdobył dwa złote medale olimpijskie, cztery Puchary Davisa, wygrał niezliczoną liczbę meczów i zdobył tyleż nagród. Ale to, co w nim jest naprawdę wielkie, to jego skromność, umiejętność walki, poświęcenia i ciągłego ulepszania swojej gry, jego instynkt zwycięzcy i niezwykła moc umysłu, a także zdolność przezwyciężenia każdej trudności – których mu nie brakowało. Jego przeciwnicy mówią o nim cuda, przede wszystkim poza kortem... Jest wielki, naprawdę wielki.

Dla mnie – największy.

Należałoby spytać, dlaczego jest nas tak mało. Naukowcy z Northwest University w stanie Waszyngton w 2010 roku znaleźli ciekawe wytłumaczenie: musi to mieć związek z brakiem równowagi pomiędzy

współpracą a rywalizacją. Profesorowie Abrams i Panaggio (oczywiście obaj praworęczni) uzyskali dane od najlepszych sportowców, a rezultat ich pracy można podsumować następująco: liczba lewo- i praworęcznych zależy od stopnia współpracy społeczeństwa. Gdyby nasze społeczeństwo współpracowało ze sobą w stu procentach, wszyscy mielibyśmy tę samą cechę; stąd fakt, że jest tak niewielu leworęcznych, dowodzi, że niestety nie jesteśmy społecznością współpracującą. Ciekawe, prawda? Wciąż jeszcze dużo nam brakuje, aby całkowicie zrozumieć leworęczność. Zastanawiam się, kto też rozwiąże tę zagadkę. Prawo- czy leworęczny?

Jestem pewien, że leworęczny...

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Dlaczego Anglicy jeżdżą lewą stroną?".

Odpowiedzieliście:

Instagram:

go_for_it: Bo gdyby robili inaczej, zapłaciliby mandat

waterloo: Żeby zrobić na złość Napoleonowi.

Facebook:

$ergio Calle: Bo wszyscy są leworęczni? Ha, ha!

11
Geometryczne tajemnice brokułów

Co mają ze sobą wspólnego pęcherzyki płucne, błyskawice, linie brzegowe, układ krwionośny, drzewa, chmury czy to niezwykłe warzywo, sprzedawane na targu: hybryda brokułu i kalafiora, zwana rzymskim kalafiorem? Można dać na to różne odpowiedzi, ale ta, o której chcemy mówić, mimo że dotyczy rozmaitych obiektów w przyrodzie, długo nie była jasna dla naukowców. Mówimy o ich geometrii fraktalnej.

Co to jest fraktal? Nazwa pochodzi od łacińskiego słowa *fractus* – złamany, cząstkowy.

Zacznijmy od odrobiny historii. Był matematyk, Benoît Mandelbrot (ur. w Warszawie w 1924 r., zm. w Cambridge w stanie Massachusetts w 2010 r.), który jako pierwszy zajął się tym tematem, a działo się to na początku lat siedemdziesiątych XX wieku. O ile tradycyjnie matematyka interesowała się prostymi i gładkimi formami, o tyle Mandelbrot postanowił wniknąć w świat komplikacji, rozbicia, szorstkości (bardziej lubił obrazy niż formuły), a wspólną cechą charakterystyczną, jaką zaobserwował we fraktalach, było ich samopodobieństwo.

Co to znaczy? Można to wytłumaczyć, mówiąc po prostu, że jakiś obiekt jest „samopodobny", kiedy oglądając każdą jego część, stwierdzimy, że jest ona podobna do całości. Na przykład: każdy kawałek brokułu jest podobny do całej główki. Jeżeli odetniemy siekierą gałąź z drzewa, ta gałąź, z której wyrastają inne mniejsze gałązki, ma kształt drzewa... i tak dalej. Podobnie jest z paprociami. I w tym tkwi ich fraktalny charakter. Fraktale to figury bardzo nieregularne, tak bardzo, że tradycyjna matematyka nie potrafi ich opisać.

Chociaż geometria klasyczna, zainicjowana dwa i pół tysiąca lat temu przez Euklidesa, była uważana za dyscyplinę abstrakcyjną, suchą i daleką od rzeczywistości, gdyż zawsze opisywała kształty i ciała doskonałe, dzięki geometrii fraktalnej nauki matematyczne zyskały potężne narzędzia do generowania chmur, łańcuchów górskich i konturów wybrzeży, a więc form znanych z przyrody, z którymi spotykamy się w naszym codziennym życiu.

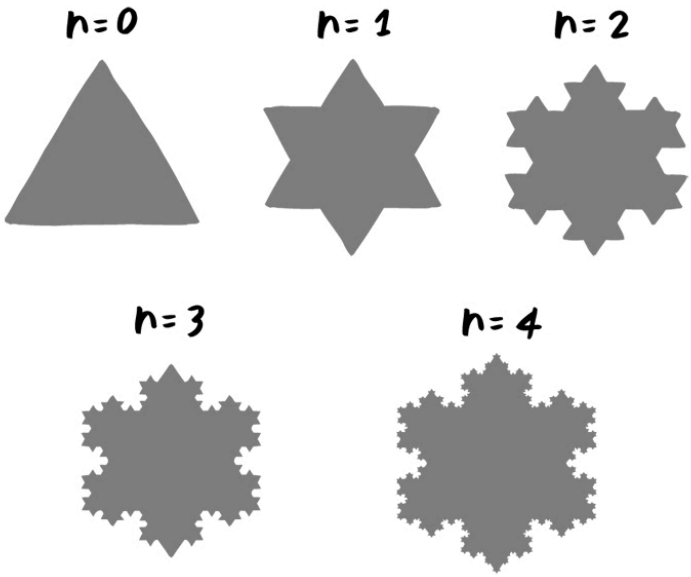
Istotnie, linie idealnie proste, nieskazitelne okręgi i miękkie skręty, takie, jakie rysuje się na tablicy na lekcjach matematyki, nie tak łatwo spotkać w przyrodzie; prędzej już pojawiają się w takich wytworach człowieka, jak drogi, budynki, rozmaite projekty. Natomiast my, ludzie, używamy geometrii fraktalnej zarówno przy wytwarzaniu realistycznych obrazów w grach komputerowych, jak i do tworzenia pięknych wzorów na materiałach. Artyści tej dziedziny starają się tworzyć obrazy jak najpiękniejsze, ale zamiast pędzla i farb olejnych wymyślają programy informatyczne, które generują propozycje obrazów fraktalnych, pełnych kształtów i barw. W gruncie rzeczy w końcu XX wieku powstał nowy ruch artystyczny, zwany fraktalizmem, i wydał własny manifest – jak każdy ruch awangardowy, który się ceni.

To, co jest niezwykłe we fraktalach – oczywiście prócz ich piękna – ma związek z ich obwodem. Na przykład kontury wybrzeży (rzecz jasna te, które nie zostały wyznaczone ludzką ręką) są ciekawym obiektem fraktalnym. Jaką długość może mieć takie wybrzeże? Trudno to obliczyć. Im dokładniejsza będzie mapa (na przykład Rías Baixas w hiszpańskiej Galicji), tym więcej znajdziemy na niej nieregularności; więcej zakrętów pośród skał, można by powiedzieć. Obwód będzie się bardzo zmieniał w zależności od powiększenia, od skali mapy, od odległości, z której obserwujemy; inaczej mówiąc, zgodnie z zasadą stosowaną przy mierzeniu. Nie będzie taki sam, gdy będziemy go mierzyć miarą długości kilometra, metra czy centymetra. Im mniejsza będzie miara, tym dłuższy i bardziej nieregularny będzie obwód wybrzeża.

Na przykład przemierzamy ujście rzeki łodzią; zakładając, że nie możemy się do niej dostatecznie zbliżyć w każdym miejscu, mierzona

przez nas długość nie będzie tak duża, jak ta, jaką może przejść na przykład mrówka, która musi pokonać wszystkie nieregularności skał. Zatem nasza miara byłaby bardziej dokładna, gdybyśmy byli tak mali jak mrówka (bylibyśmy w końcu również bardziej zmęczeni). I znowu wszystko jest względne. Długość odcinka wybrzeża jest względna, zmienia się: będzie zależała od tego, jak ją mierzysz – od skali. A dokładne jej obliczenie jest naprawdę bardzo trudne.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Innym interesującym klasycznym obiektem fraktalnym jest krzywa Kocha, podobna do płatka śniegu, powstająca z trójkąta równobocznego: w połowie każdego boku wstawia się kolejny, mniejszy trójkąt, w połowie każdego boku tego kolejnego znów się wstawia następny, jeszcze mniejszy... i tę operację powtarza się w nieskończoność. Taki sposób postępowania nazywa się z łaciny iteracją (powtarzaniem) i jest rutynowo stosowany przy uzyskiwaniu fraktali: polega na powtarzaniu iks razy tej samej operacji, by w efekcie za każdym razem uzyskać rezultat poprzedni (najlepsze w tym są komputery, które powtarzają operacje miliony razy). W końcu nadchodzi moment, w którym obraz wygląda bardzo podobnie zarówno z daleka, jak i z bliska: powtarza się zawsze ten sam wzór, aż do najmniejszego. Co jest wyjątkowego w tej figurze? Otóż wygląda ona na skończoną (jej powierzchnia jest równa 1,6 wyjściowego trójkąta), ale jej obwód jest nieskończenie długi. Trudno to pojąć, ale tak jest.



CIEKAWOSTKA POP: Efekt fraktalny (podobny do krzywej Kocha) był tym, co zrewolucjonizowało świat gier komputerowych i filmów animowanych. Początkowo obrazy były oparte na trójkątach, kwadratach i wielościanach o małej liczbie boków, co nadawało górom czy twarzom wygląd zbyt „wielościenny". Wraz z ewolucją informatyki i pojawieniem się komputerów o coraz większej mocy światem wirtualnym całkowicie zawładnęły właśnie fraktale. Na przykład Tony de Rose, inżynier fizyk i doktor nauk informatycznych Uniwersytetu w Kalifornii, jeden z najbardziej cenionych przez wytwórnię Pixar (tej od *Toy Story* czy *Potworów i spółki*) umysłów matematycznych, wyjaśnia, wychodząc od rombu, jak – powtarzając tysiące razy proces fraktalny – twórca jest w stanie osiągnąć obrazy o poszukiwanej gładkości: może przedstawiać chmury, góry, lasy i wszystko, co mu podpowie wyobraźnia (a ludzi z takową w Pixar nie brakuje). A wszystko dzięki fraktalom. Z matematycznego działu Pixar każdego roku wychodzi mnóstwo artykułów na temat animacji o tak sugestywnych tytułach, jak *Artystyczna symulacja kręconego włosa*, które wyjaśniają detale animacji włosów bohaterki *Meridy Walecznej*.

Na koniec najlepsze. Osobliwością wszystkich tych obiektów jest ich wymiar topologiczny. To znaczy: linia ma jeden wymiar; powierzchnia (np. kwadrat czy trójkąt) ma dwa wymiary; samochód czy piłka futbolowa mają trzy wymiary, tak jak przestrzeń, w której żyjemy. Jednak liczba wymiarów obiektu fraktalnego nie musi wynosić 1, 2 albo 3. Przykładowo linia fraktalna może być tak zawiła i pokręcona, że na swojej trajektorii może zająć niemal całą powierzchnię obiektu. Na przykład powierzchnię kwadratu. W takim wypadku jaki ma wymiar? Wymiar fraktalny mieści się pomiędzy 1 – linii a 2 – figury płaskiej; będzie to liczba ułamkowa. Jeżeli jest bardzo pokręcona, zbliża się do 2 (na przykład wymiar fraktalny 1,8), a jeśli jest mniej kręta i zajmuje mniej powierzchni, wymiar będzie niższy (na przykład 1,3). Wymiar krzywej Kocha wynosi 1,26186, a ponieważ krzywa Kocha jest podobna do linii wybrzeża, możemy także obliczyć wymiar fraktalny jakiegokolwiek wybrzeża, co da nam pojęcie o jego nieregularności. W ten sposób możemy również obliczyć „chropowatość" powierzchni. Na przykład wymiar fraktalny powierzchni Ziemi wynosi 2,1, podczas gdy Marsa 2,4, z czego wynika, że powierzchnia Czerwonej Planety jest bardziej nierówna i wyboista niż powierzchnia naszego błękitnego domostwa.

12
Jak moglibyśmy uciec z Ziemi?

Siła grawitacji, czyli ciążenia, jest rodzajem niewidocznego łańcucha (a według teorii względności Einsteina jest złudzeniem, ponieważ grawitacja jest wynikiem zakrzywienia czasoprzestrzeni); ta siła trzyma nas na powierzchni naszej planety, Ziemi.

Istota ludzka zawsze, przez niemal całą swoją historię, marzyła o wzniesieniu się w niebo (co udało się lotnictwu w XX w., poczynając od lotu pionierów, braci Wright, w 1903 r.), a nawet o ucieczce z planety i zbadaniu przestrzeni kosmicznej, a także o dotarciu do innych światów. W filmie *Podróż na Księżyc* (1902) – twórcy równie pionierskiego, tyle że w sztuce filmowej, Georges'a Mélièsa – istoty ludzkie docierają rakietą aż na Księżyc, wbijając się w jego prawe oko (ujęcie to stało się ikoną filmu). Wtedy wyglądało to na fantastykę. Jednak po kilku dziesięcioleciach statek kosmiczny „Apollo 11" wylądował na Księżycu i Neil Armstrong zrobił „mały krok dla człowieka, ale wielki skok dla ludzkości", a niewiele lat później takie pojazdy kosmiczne jak sonda Voyager przekroczyły granice Układu Słonecznego, a inne już nawet wylądowały na Marsie, żeby zbadać jego powierzchnię.

Siła grawitacji, spowodowana masą Ziemi, utrzymuje nas na niej. I to bardzo dobrze nas utrzymuje – nas i wszystko, co znajduje się na jej powierzchni. Dzięki niej atmosfera pozostaje stale na miejscu, a nie znika gdzieś w przestrzeni; poza tym grawitacja umożliwia wieczny taniec Księżyca wokół nas.

Ale jak można uciec z Ziemi? Jak rozerwać ten grawitacyjny uścisk?

Na przykład pewne rzeczy można wprowadzić na orbitę. Jeżeli ktoś rzuci piłkę przed siebie, piłka zakreśli parabolę i spadnie na ziemię. Jeśli

się ją rzuci z większą siłą, upadnie jeszcze dalej. Jeśli zaś rzuci się ją z wystarczająco wielką siłą, upadnie tak daleko, że nie upadnie w ogóle: zatoczy koło wokół kuli ziemskiej i w końcu wróci do nas z drugiej strony i walnie nas w kark. Tak właśnie bywa z satelitami na orbicie: ustawia się je tak, żeby krążyły wokół Ziemi. No dobrze, oprócz tego, że krążą, stale „spadają" w stronę Ziemi.

Dlatego uważa się, że statki orbitalne (jak Międzynarodowa Stacja Kosmiczna) nie podlegają sile grawitacji. Oczywiście, że ta grawitacja istnieje; w gruncie rzeczy taki statek jest nadal przywiązany do Ziemi jej siłą grawitacji. Natomiast będąc cały czas w stanie swobodnego spadku, wszystko jest nieważkie, tak jak spadochroniarz przed otwarciem spadochronu. Trudno to sobie wyobrazić, ale astronauci też stale spadają w kierunku Ziemi, jakby zostali zrzuceni z samolotu czy z drapacza chmur. Satelity krążą po orbicie Ziemi na różnych wysokościach. Niektóre z nich krążą z tą samą szybkością co nasza planeta, zatem są widoczne z jej powierzchni zawsze w tym samym miejscu, dlatego nazywa się je satelitami geostacjonarnymi. Satelity krążą po orbicie od wysokości 200 aż do 36 000 kilometrów od powierzchni Ziemi, a używa się ich do telekomunikacji, GPS czy badań naukowych. Jeszcze o wiele wyżej krąży po orbicie nasz największy satelita – Księżyc, który również stale spada w stronę Ziemi (jednak nigdy na nią nie spadnie, nie wpadajcie w panikę). Ruch orbitalny rządzi się sławnymi prawami Keplera, które kierują także ruchem całego Układu Słonecznego.

CIEKAWOSTKA POP: Zawsze, kiedy myślę o braku grawitacji w pojeździe kosmicznym, przychodzi mi do głowy Homer Simpson, pływający w powietrzu pośród frytek, chytrze przemyconych za plecami NASA, potem zaś latający pośród mrówek. Wspaniale, Homer! Naprawdę wspaniale!

Jaką prędkość należy osiągnąć, żeby uciec z Ziemi na zawsze, zostawiając za sobą także orbity? Ta prędkość nazywa się prędkością ucieczki i wynosi 11,2 kilometra na sekundę (km/s), czyli 40 320 kilometrów na godzinę (km/h). Żeby uciec z Księżyca, którego siła przyciągania jest mniejsza, potrzebna jest mniejsza prędkość, około 2,38 km/s. Poza tym na Ziemi trzeba brać pod uwagę efekty tarcia w powietrzu atmosferycznym.

Trudno oderwać się od Ziemi: potrzeba na to wielkiej ilości energii, dlatego statki kosmiczne mają potężne silniki (przedtem mówiliśmy o pociskach bez odrzutu, na przykład o piłce rzucanej przed siebie, co wymagałoby początkowego impulsu o olbrzymiej energii). Żeby skutecznie uciec z Ziemi, potrzebne są rakiety, które w dodatku muszą zmniejszać swoją masę podczas lotu. Dlatego kiedy oglądamy zdjęcia startu statku kosmicznego z przylądka Canaveral albo jakiegokolwiek innego miejsca, widzimy, jak rakieta wylatuje, odrzucając niektóre człony, jakby się rozpadała na kawałki, przy czym cały czas zużywa setki ton paliwa. Jej masa się zmniejsza, co ułatwia oddalanie się od Ziemi; im mniejsza masa, tym mniejsze przyciąganie ziemskie i mniejszy ciężar. To, co dociera do przestrzeni kosmicznej, to zaledwie drobna część oryginalnego statku. Statki, które w ten sposób oddalają się od Ziemi, mogą dotrzeć na Księżyc, na Marsa, a nawet do granic Układu Słonecznego, jak sonda Voyager.

Możemy też odwrócić problem. Z jaką prędkością przedmiot spada na Ziemię?

Pytanie wydaje się oczywiste: prędkość obiektu podczas spadania zwiększa się zgodnie z przyspieszeniem ziemskim (9,81 m/s^2), tak jak nas uczyli w szkole. Ale poza tym należy jeszcze wziąć pod uwagę tarcie w powietrzu atmosferycznym, które jest zawsze obecne, chociaż go nie widać. Zwiększa się wraz z powierzchnią, o czym dobrze wiedzą spadochroniarze, a przede wszystkim ci, którzy uprawiają skoki spadochronowe z wysokich obiektów, czyli base jumping. To tarcie oczywiście wpływa na prędkość, która nie rośnie w nieskończoność, aż ciało spadnie na ziemię, ale stabilizuje się do stałej prędkości, zwanej prędkością końcową. Na przykład jeżeli spadanie trwa dostatecznie długo, nadchodzi punkt, kiedy spadochroniarz, zanim otworzy się

spadochron, osiąga prędkość, która przestaje rosnąć i więcej nie przyspiesza. Powiedzmy, że powstrzymuje przyciąganie ziemskie dzięki oporowi, jaki daje ruchowi powietrze, który to ruch wzrasta wraz z prędkością obiektu (stąd bierze się czas osiągnięcia prędkości końcowej). Dla człowieka w pozycji horyzontalnej, jak spadochroniarz, ta prędkość wynosi 198 km/h.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Meteory, czyli spadające gwiazdy (te, które według legendy możemy prosić o spełnienie życzeń), to małe cząstki, które wchodząc z wielką prędkością w atmosferę ziemską (co zwykle dzieje się na wysokości od 80 do 110 km nad powierzchnią Ziemi), spalają się i produkują świecące smugi, szybko przemierzające niebo, co możemy obserwować na przykład latem w postaci tak zwanego słynnego deszczu Perseid (znanego też jako „łzy świętego Wawrzyńca", ponieważ zazwyczaj pojawia się on w dniu wspomnienia tego świętego, czyli 10 sierpnia). Przyczynę czasowego rozżarzania się tych cząstek przypisuje się na ogół tarciu powietrza, ale w rzeczywistości jest nią fala uderzeniowa (powietrze atmosferyczne spręża się w gwałtownym zetknięciu z ciałem o wielkiej prędkości i, zwiększając ciśnienie, podwyższa też temperaturę, która przenosi się na meteor). Tylko te, które są za duże i nie rozpadają się całkowicie, są w stanie dosięgnąć powierzchni Ziemi – i wtedy, ale nie przedtem, nasz meteor staje się meteorytem.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Jak moglibyśmy uciec z Ziemi?".

Odpowiedzieliście:

Instagram:
molik2010: Dzięki dobrej książce :)

Facebook:
Anka De Blasi: Jadąc nad morze.

13
Zakochane cząsteczki

Jest taka stara dalekowschodnia legenda o czerwonej nici przeznaczenia. Ta fantastyczna historia opowiada o tym, że bogowie łączą dwie osoby czerwoną nitką (za kostki nóg albo za małe palce – zależnie od tradycji) i ta czerwona nić zbliża je do siebie w taki lub inny sposób: zakochują się w sobie albo razem przeżywają coś ważnego. Ta czerwona nić może się rozciągać w nieskończoność, ale nigdy się nie zerwie (na Zachodzie mamy takie powiedzenia, jak „znaleźć swoją drugą połówkę pomarańczy" albo „znaleźć pokrewną duszę"). W jakiś sposób, kiedy się zakochujemy, zaczynamy mieć ścisły związek z kochaną osobą i to, co się jej przydarza – nie ma znaczenia, jak daleko od nas jest – w jakiś sposób nas dotyka.

Zatem – chociaż może się to wydawać niewiarygodne – cząsteczki elementarne, podlegające dziwnym prawom mechaniki kwantowej, też mogą mieć między sobą takie czerwone nici; mogą się więc w jakiś sposób w sobie zakochiwać. Dwie cząsteczki, które w pewnym momencie były zjednoczone, w jakimś sensie nadal są ze sobą związane. Niezależnie od odległości, jaka je dzieli, to, co się staje z jedną z nich – choćby była oddalona o lata świetlne, na drugim końcu Wszechświata – wpływa na tę drugą. Ich wpływ na siebie jest błyskawiczny. Nazywamy to kwantowym stanem splątania, a przedstawił je Paul Dirac poniższym równaniem. Jeśli jakaś fizyczna formuła może opisać miłość, to bez wątpienia ta:

$$(\partial + m)\ \psi = 0$$

Kwantowy stan splątania powstaje wtedy, kiedy stan jakiegoś układu różnych cząstek zostaje opisany przez tylko jeden obiekt matematyczny, funkcję typowej fali teorii kwantowej, która rządzi zachowaniem ich wszystkich. Na przykład może istnieć układ kwantowy dwóch cząstek, których wartość spinu (czyli momentu pędu cząsteczki, co możemy sobie wyobrazić jako jej rotację, chociaż to nie jest dokładnie to) jest równa 0. To by oznaczało, że jedna z cząstek musiałaby mieć spin ½, a druga -½. Sumując obydwa spiny, otrzymamy 0.

Ciekawe w tej sytuacji jest to, że jeżeli mamy jedną cząsteczkę na Ziemi, a drugą w Galaktyce Andromedy i mierzymy ich spin (na przykład ½), ta druga powinna mieć wartość przeciwną, tak, by ich układ nadal posiadał spin 0. Można też sobie wyobrazić to na przykładzie monet: jeśli jedna w jednym miejscu pokaże orła, druga – natychmiast i nawet bardzo daleko – pokaże reszkę.

Wszystko to, opowiedziane w taki sposób, może się wydawać bardzo skomplikowane, ale wyjaśnione inaczej oznacza, że to, co robimy tutaj, może mieć natychmiastowy skutek na przykład w Galaktyce Andromedy. Wyobraź sobie, że jesteś na Ziemi, a twój przyjaciel udaje się w podróż właśnie w tamte rejony Wszechświata. Wtedy ktoś kłuje cię szpilką… i twój przyjaciel odczuwa ból, choć jest od ciebie oddalony nawet o dwa i pół miliona lat świetlnych.

To oczywiście niemożliwe w przypadku obiektów klasycznych, ale w świecie cząstek elementarnych, w systemie kwantowym, takie rzeczy mogą się wydarzać. Niektórzy nazywają to „zakochanymi cząsteczkami".

Kiedy te teorie ujrzały światło dzienne, wywołały kontrowersje, ponieważ stały w sprzeczności z jednym z postulatów Alberta Einsteina: że prędkość światła jest graniczną prędkością we Wszechświecie i żadna informacja nie może być przekazywana szybciej. Tymczasem w naszym wypadku taka wiadomość pokonałaby dwa i pół miliona lat świetlnych do Andromedy w jednej chwili, zatem o wiele szybciej niż światło, któremu ta droga zajęłaby dwa i pół miliona lat. Genialny fizyk nazwał to „przerażającym działaniem na odległość" i uznał, że te dziwaczne rzeczy przydarzyć się mogą tylko w teorii, ponieważ

poprawny opis wymaga nieodkrytych jeszcze „zmiennych ukrytych". Ta teoria jeszcze nie została wystarczająco rozwinięta. Albert Einstein i jego koledzy, Borys Podolski i Nathan Rosen, przedstawili w 1935 roku tak zwany paradoks EPR (od inicjałów nazwisk uczonych) jako argument przeciwko mechanice kwantowej. Gdyby splątanie istniało, teoria kwantowa musiałaby w którymś momencie przestać działać.

Dyskusja na ten temat trwała na polu filozofii naukowej do 1964 roku, kiedy północnoirlandzki fizyk John S. Bell opracował twierdzenie matematyczne (twierdzenie lub nierówność Bella) i ustalił – w bardzo ogólnych zarysach – że efekty mechaniki kwantowej, takie jak ten, są możliwe i nauka wcale nie musi być „rzeczywista" w sensie, w jaki my tę rzeczywistość rozumiemy.

Bell wymyślił swój eksperyment, żeby przyznać rację Einsteinowi… Jednak to mechanika kwantowa jeszcze raz (mimo że to wszystko wygląda dziwacznie) miała rację.

Odtąd czas i doświadczenia pokazały, że splątanie w rzeczywistości istnieje; prawdę mówiąc, stosuje się je w najnowszych, dopiero rozwijających się naukach, jak komputer kwantowy czy kryptologia kwantowa. Jeden z ostatnich dowodów splątania uzyskano w 2017 roku w Massachusetts Institute of Technology (MIT) podczas badania, w którym brali udział także fizycy z Uniwersytetu Wiedeńskiego. Również w 2017 roku chińscy uczeni zdołali splątać kwantowo fotony, które dzieliło 1200 kilometrów (poprzedni rekord odległości wynosił 100 kilometrów).

Niektórzy uważając że splątanie kwantowe otwiera wrota możliwości fantastyce, na przykład teleportacji, którą tak często oglądamy w różnych filmach science fiction, zwłaszcza w serii *Star Trek*. Wyobraź sobie: jeżeli mam cząstki na innej galaktyce i mogę zmieniać ich stan, manipulując odpowiadającymi im cząstkami splątanymi z Ziemi, mógłbym odtwarzać w każdym oddalonym miejscu to, czego bym sobie życzył – inaczej mówiąc, teleportować różne rzeczy. Tylko że to, co się teleportuje, to raczej „stan" danej rzeczy, a nie sama rzecz. Nie teleportuje się materii ani energii, nie istnieje też większa prędkość niż prędkość światła. Mechanika kwantowa stawia tu przeszkodę, według niej nie wszystko jest takie proste: chociaż informacja w tym wypadku

może być transmitowana natychmiast, możemy ją transmitować jedynie w sposób losowy, co komplikuje sprawę. Fizykom wszakże udało się ominąć te problemy.

Prawdę mówiąc, właściwości kwantowe już się udało teleportować. Na przykład w 2012 roku zdołano przenieść właściwości fizyczne pewnych fotonów pomiędzy teleskopem Jacobus Kapteyn z wyspy La Palma do Optical Ground Station Europejskiej Agencji Kosmicznej na Teneryfie, odległej o 143 kilometry (obie wyspy należą do archipelagu Wysp Kanaryjskich). Takich właściwości używa się w obliczeniach kwantowych (hiszpański naukowiec Juan Ignacio Cirac jest kandydatem do Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki i jednym z największych znawców tego tematu), produkując komputery o ogromnych możliwościach, których zastosowania są wręcz trudne do wyobrażenia.

Teleportacja, jak dotychczas, ogranicza się do świata kwantowego (niektóre z jej aplikacji mają związek z najszybszymi i najbardziej niezawodnymi sposobami komunikacji przez światłowody), a możliwość teleportacji człowieka w ogóle nie wchodzi w grę. Nie mówiąc o tym, że taka możliwość wiązałaby się z nader skomplikowanymi kwestiami filozoficznymi. Na przykład: gdybyśmy klonowali w ten sposób jakąś osobę na innej galaktyce, gdybyśmy tam stworzyli dokładną kopię tej osoby, to czy dusza też by się tam przeniosła? Jeśli dusza w ogóle istnieje… I co zrobilibyśmy z pozostałością, czyli z ciałem na Ziemi? Według teorii, żeby coś teleportować, trzeba zniszczyć stan oryginalny, zatem sprawa jest ryzykowna: Transporter ze *Star Treka* mógłby nas po prostu zamordować…

Jak widzisz, niezły zamęt. Albo… niezłe splątanie.

14
Czy roboty nas zdominują?

Niewiele filmów zrobiło na mnie takie wrażenie jak *Terminator* (1984), i to nie tylko dlatego, że Kyle Reese, przysłany z przyszłości, by uratować Sarah Connor przed T-800 (Cyberdyne System Model 101), w końcu zostaje ojcem Johna, osoby, która go przysłała (tak, tak, wiem, to wszystko paradoks i kompletny bałagan), ale przede wszystkim dlatego, że intrygę tę zaplanowała sztuczna inteligencja, Skynet, mająca zniszczyć Ziemię i zniewolić całą ludzkość. Gdyby taki scenariusz miał się urzeczywistnić, zostałoby tylko 11 lat (do roku 2029), żeby cybernetyczne cyborgi skończyły z nami na zawsze. Choć się to nam wydaje bardzo nowoczesne, pomysł „robota" jest dość dawny: automaty – prekursorzy robota – istniały już w starożytnej Grecji, w XVIII wieku zaś przeżyły swój okres świetności: produkowano automatycznych flecistów, pianistów, graczy w szachy, a także zbudowano sławny automat Papamoscas z katedry w hiszpańskim Burgos. Również bardzo stary jest pomysł, że stworzone przez człowieka sztuczne istoty obracają się przeciwko niemu; to na przykład Frankenstein czy Golem – ulepiona przez rabina z czeskiej Pragi postać z gliny, która w końcu wyrywa się spod kontroli. Czy roboty mogą obrócić się przeciwko nam?

Pewne jest, że żyjemy w epoce, w której robotyzacja osiąga apogeum (w ramach ogólnej rewolucji technicznej, stającej się stopniowo jednym z motorów światowej ekonomii); to prawda, że nie wszystkie roboty przypominają swoim kształtem człowieka, jak to sobie zazwyczaj wyobrażamy. Większość z nich pracuje w przemyśle, przede wszystkim samochodowym, który jest najbardziej zautomatyzowaną gałęzią (tam najbardziej podobne do człowieka jest mechaniczne ramię), poza tym prowadzone są badania z zakresu robotyki w celu tworzenia szkieletów

zewnętrznych umożliwiających chodzenie takim osobom, które z różnych przyczyn nie są w stanie normalnie chodzić. A robot Da Vinci pomaga chirurgom w bardzo precyzyjnych operacjach. (Uwaga! Sam robot nie operuje, zawsze kieruje nim człowiek).

Słowa „robot" używa się w nad wyraz szerokim zakresie, włączając tu twory sztucznej inteligencji czy programy informatyczne (czasem zwane botami). Ujmując rzecz bardziej precyzyjnie, można by powiedzieć, że słowo „robot" odnosi się do tych aparatów, które poruszają się mechanicznie w świecie fizycznym, jak roboty z fabryk – odpowiadają one na bodźce z w pełni kontrolowanego środowiska, wobec czego wymagają niewielkiej sztucznej inteligencji. Sztuczna inteligencja nie musi pracować w ten sposób w fizycznym świecie, odpowiadając na bodźce, ale może również istnieć w formie programu komputerowego (na przykład Siri w niektórych urządzeniach firmy Apple, albo superkomputer Watson stworzony przez IBM). W obydwu tych wypadkach robotyka i sztuczna inteligencja zazwyczaj są jednak ze sobą połączone.

Roboty podobne do ludzi, także jak C-3PO w *Gwiezdnych wojnach*, o czym już mówiliśmy, nie są najważniejszą częścią robotyki. Oczywiście – prowadzi się na nich z wielkim zaangażowaniem badania, by tworzyć prototypy, jakie oglądasz potem w telewizji i których używa się na przykład w hotelach, na lotniskach, w restauracjach i podczas rozmaitych wydarzeń; podają one informacje i pomagają ludziom nieco w stylu robotów protokolarnych (jak wspomniany C-3PO). Niektóre przykłady to roboty Pepper, NAO i Romeo – trójka z japońskiej firmy SoftBank Robotics. W Japonii, gdzie zagadnienia robotyki cieszą się wyjątkowym zainteresowaniem, wynalazca Hiroshi Ishiguro skonstruował roboty o ludzkich kształtach na swój obraz i podobieństwo, i to z uderzającym realizmem. Kilka lat temu w Madrycie odbyła się premiera japońskiego teatru (*Trzy siostry w wersji androidów*), podczas której tekst Antoniego Czechowa był odtwarzany przez aktora – robota człekokształtnego o imieniu Geminoid. Nie jest jednak łatwo powielić tak skomplikowane mechanizmy, jak na przykład ludzka ręka – instrument, którego wartości w pełni nie doceniamy, pewnie dlatego, że używamy go na co dzień.

Robotyka wszakże rozwija się przede wszystkim w środowisku przemysłowym, w świecie dronów czy w wyposażeniu gospodarstwa domowego; prawdę mówiąc, można się spodziewać, że roboty w końcu przeprowadzą się z fabryk do ludzkich domów. Chociaż bardziej niż do kamerdynera w brytyjskim stylu (najpewniej o imieniu John) z rozlicznymi umiejętnościami dąży się do maszyny, która by prasowała i rozwieszała ci bieliznę, czy innej, zdolnej przyszykować ci kanapkę (nie musi się bać tostera, gdyż ten ma niewielkie zapędy rewolucyjne). Poza tym inna podstawowa różnica pomiędzy umysłami technologicznymi a ludzkimi jest taka, że te pierwsze to aparaty idealnie logiczne, matematyczne, dokładne co do milimetra, jednak brakuje im części emocjonalnej, wrażliwości i uczuć – i dlatego nigdy nie staną się dokładnie takie jak ludzie ani nawet takie jak ich repliki, pojawiające się w filmie *Łowca androidów* (któż nie widział „statków szturmowych w ogniu, sunących nieopodal ramion Oriona" czy „promieniowania skrzącego się w ciemnościach blisko wrót Tannhausera", jak w filmie Ridleya Scotta z 1982 r.). Według niektórych badań my, ludzie, w 85% posługujemy się inteligencją emocjonalną, a więc czymś, czego roboty nigdy nie będą miały. W każdym razie tak to wygląda dzisiaj.

A zatem – po tym wszystkim, co powiedzieliśmy – czy roboty nas zdominują? Nie jesteśmy pierwszymi, którzy martwią się takim obrotem spraw.

Znany autor książek science fiction i popularyzator nauki Isaac Asimov w 1942 roku stworzył trzy prawa robotyki (które oczywiście pojawiają się w filmie *Ja, robot,* inspirowanym dziełami Asimova). Oto one:

1. Robot nie może skrzywdzić istoty ludzkiej ani nie pozwoli – na przykład przez brak reakcji – żeby człowiek ucierpiał.

2. Robot musi być posłuszny rozkazom dawanym mu przez istoty ludzkie, chyba że te rozkazy byłyby w konflikcie z pierwszym prawem.

3. Robot musi chronić swoje własne istnienie na tyle, na ile ta ochrona nie będzie sprzeczna z pierwszym lub drugim prawem.

CIEKAWOSTKA POP: Słynny film *Ja, robot* (2004) był dosyć odległy od oryginału, czyli książki Isaaca Asimova, ale unaocznił pewien ciekawy problem moralny. Główna postać filmu, detektyw Spooner (Will Smith), nienawidzi robotów, mimo że stanowią część codziennego życia na Ziemi i są główną siłą roboczą, rządzącą się powyższymi Trzema Prawami. Powód? Pewien robot postanowił uratować jego zamiast dwunastoletniej dziewczynki, która uczestniczyła w tym samym wypadku, ponieważ on miał 45% szans przeżycia, natomiast mała Sarah tylko 11%. Dla Spoonera taki odsetek, chociaż niewielki, był wystarczający, żeby zamiast niego robot wybrał i uratował dziewczynkę.

Podobne dylematy są codziennie przedstawiane we wszelkiego rodzaju projektach algorytmów sztucznej inteligencji, przede wszystkim w tych nastawionych na kierowanie naszymi samochodami (których w przyszłości nie będzie prowadził kierowca) lub w systemach kontroli ruchu drogowego, kolejowego czy lotniczego. Co ma zrobić algorytm, jeżeli, aby ocalić dwoje staruszków, musi wybierać pomiędzy nimi a jakąś małą dziewczynką? Lepiej ratować dwoje niż jedno? I jaką opcję ma wybrać, jeżeli musi wybierać pomiędzy 80% szans na przeżycie motocyklisty a 30% dzieci ze szkolnego autobusu? Prawdopodobnie właśnie ten rodzaj problemów etycznych i moralnych jest powodem, dla którego dotąd owe algorytmy nie są na trwałe osadzone w naszym życiu.

Te proste prawa, jak widać, mają na celu ochronę istot ludzkich przed hipotetycznym buntem robotów i dlatego powinny być wprowadzane w oprogramowanie każdego robota jako swoisty kodeks moralny. Znaczącym pomysłem było to, że gdyby robot tych praw nie przestrzegał, byłby zmuszony w jakiś sposób ulec samozniszczeniu. Wprowadzając owe prawa, Asimov starał się walczyć z tym, co nazywał „kompleksem Frankensteina", czyli lękiem nas, ludzi, przed tym, że roboty obrócą się przeciwko nam.

Rzeczywistym niebezpieczeństwem, jakie przedstawiają roboty tu i teraz (i w ogóle cała automatyzacja), jest to, że powodują poważny spadek zatrudnienia. Prace mniej specjalistyczne, bardziej powtarzalne, już są opanowane przez roboty, które zajęły miejsce ludzi. Mówi się, że technologia stwarza nowe stanowiska pracy dla ludzi, tak jak się to odbywało we wszystkich technologicznych rewolucjach aż do dzisiaj, że trzeba się tylko rozwinąć i dostosować. Oczywiście to pogląd bardzo optymistyczny, bo nawet gdyby tak było, nie wiemy, czy da się stworzyć dostatecznie dużo stanowisk pracy dla coraz większej liczby ludzi na świecie. W tej chwili są to tylko spekulacje, a czas pokaże, jak będzie naprawdę.

W końcu jedną z obietnic technologii było to, że zostaniemy uwolnieni od kary bożej, jaką jest praca; niech pracują maszyny, a my, ludzie, będziemy sobie leżeć do góry brzuchami! To jednak w systemie kapitalistycznym jest dalekie od rzeczywistości: roboty zmniejszają koszty firmom, które ich używają, ale pracowników wysyłają na bezrobocie. Dlatego niektóre związki zawodowe już żądają, by roboty płaciły podatki (mówiąc „roboty", mamy na myśli raczej właścicieli firm, które ich używają), a niektórzy teoretycy sygnalizują potrzebę dystrybuowania uniwersalnego podstawowego dochodu, nie tylko po to, żeby ludzie nie umierali z głodu, ale żeby nadal ponosili koszty i tym samym utrzymywali cały system w ruchu.

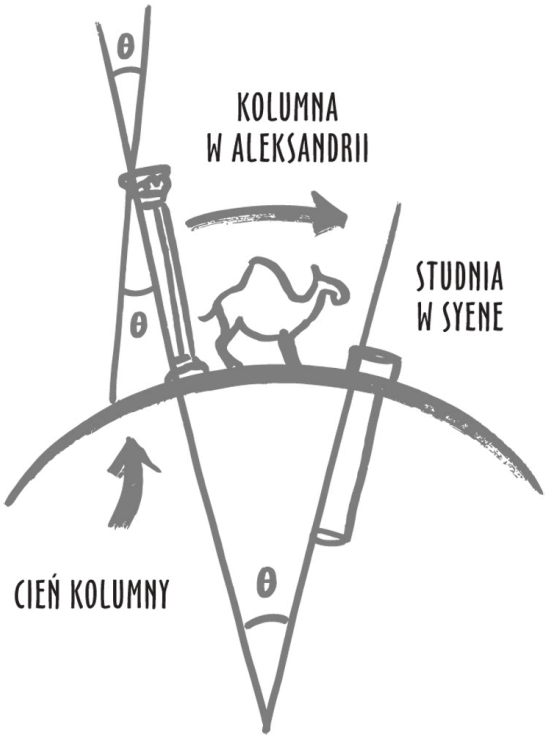
Czego dotychczas nie wiemy, to tego, czy w przyszłości roboty będą również chodzić na zakupy. Jak to powiedział nasz T-800: „Pragnienie jest nieważne; jestem tylko maszyną".

15
Prawdy i kłamstwa na temat planety Ziemia

I co mnie najbardziej boli,
To że nigdy nie będziemy pokrewnymi duszami:
Nasienie i drzewo,
Wiatr dla żagli,
Żelazo i nikiel stopione w środku Ziemi.

Los Planetas,
ŻELAZO I NIKIEL

Pędzimy przez Wszechświat w kruchym statku kosmicznym, który nierozważnie sami zaczynamy niszczyć: na planecie Ziemia. W dodatku pędzimy z wielką prędkością, mniej więcej 108 000 km/h, a więc 87 razy szybciej niż prędkość dźwięku w powietrzu. Widziana z daleka, z granic Układu Słonecznego, Ziemia jest jedynie „bladoniebieskim punkcikiem na nocnym firmamencie, otoczonym bezmiarem" – jak napisał astronom i popularyzator nauki Carl Sagan w swojej znanej książce *Kosmos*. Na tym ogromnym kosmicznym oceanie mieści się nasza mała plaża i obecnie nie mamy innego miejsca, w którym moglibyśmy się schronić. Sagan zauważył też, że tutaj dzieje się wszystko to, co dla nas ważne: miłość i wojny, wielkie wydarzenia historyczne, katastrofy... Ale to tylko ziarnko piasku, zawieszone w zimnej i ogromnej przestrzeni, dryfującej w wieczności.

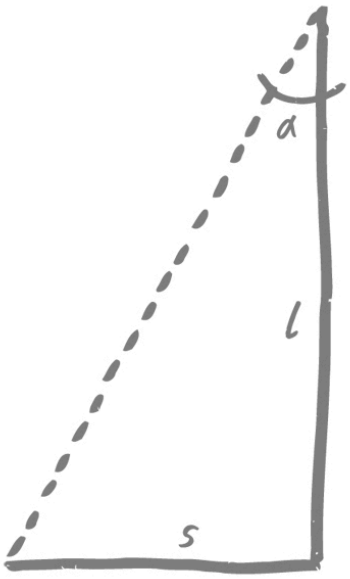


Ziemia jest kulą materii krążącą dookoła Słońca, choć starożytnym intuicja mówiła, że to Słońce krąży wokół Ziemi (ostatecznie grunt pod naszymi nogami wydaje się twardy i stały). Myślano też, jeszcze dawniej, że Ziemia jest płaska (pewnie że tak, skoro jeżeli stoimy na powierzchni ogromnej kuli, mamy wrażenie, że stoimy na czymś płaskim). Nie bez trudu i przeszkód współczesna nauka przepowiedziała i udowodniła rzeczywistość dzięki tak gigantycznym umysłom, jak Galileusz, Kopernik, Kepler czy Newton. Fotografie Ziemi z kosmosu, z takich statków jak Apollo 11, przekonały w końcu o kulistości naszej planety i o centralnym położeniu gwiazdy tych nielicznych, którzy jeszcze trzymali się starych koncepcji, zupełnie nienaukowych. Z pewnością w czasach starożytnych nie wszyscy myśleli, że Ziemia jest płaska. Grek Eratostenes z Cyreny (ok. 276 r. p.n.e. – ok. 194 r. p.n.e.), mądry matematyk i zarządca Biblioteki Aleksandryjskiej, tam, gdzie mieszkał (w Aleksandrii, nie w bibliotece), zdołał – bagatelka – 2200 lat temu obliczyć precyzyjnie obwód Ziemi jedynie za pomocą gnomonu (nie mówimy tu o jakimś wielkim gnomie, ale o przedmiocie, którego cień odbija się na skali z godzinami, co

pozwala obliczać upływ czasu na zegarach słonecznych). Jak mógł tego dokonać? W mieście Syene (obecnie Asuan w Egipcie) 21 czerwca, w dniu letniego przesilenia, w południe słońce było w zenicie, wysoko na niebie, tak że jego światło padało prostopadle i można było obejrzeć dno głębokiej studni. Niemniej w Aleksandrii, która znajduje się na innej szerokości geograficznej, światło w południe już nie padało prostopadle i przedmioty rzucały cień! Porównując cień, jaki rzucały słupy w Syene i w Aleksandrii, Eratostenes obliczył rzeczywiste zakrzywienie Ziemi między tymi dwoma miastami. Znając odległość, jaka je dzieliła (zorganizował wyprawę niewolników, którzy policzyli, ile to kroków) i stosując parę zasad trygonometrii, udało mu się „z łatwością" obliczyć obwód tej ogromnej kuli, po której podróżujemy, podając wartości z zakresu od 39 690 do 46 620 kilometrów. Naprawdę fascynujące jest nie to, że właściwie się nie pomylił (rzeczywisty obwód naszej planety wynosi bowiem mniej więcej 40 040 kilometrów), ale że to zrobił, ponieważ nie zadowolił się tym, co było wiadome, i pomyślał, że Ziemia jest naprawdę okrągła – prawdopodobnie obserwując przesuwający się cień, jaki Ziemia rzuca na Księżyc w czasie zaćmień.

TRIK DLA BELFRÓW: Kijek, kijek! Mało rzeczy daje tyle możliwości zabawy, co kijek. No i matematyka. Zresztą pewnie znasz chińskie przysłowie: „Opowiedzieli mi – i zapomniałem; zobaczyłem – i uwierzyłem; zrobiłem – i nauczyłem się". Zanim zakończysz zajęcia, możesz zaskoczyć swoich uczniów (którzy już są na pewno zmęczeni tyloma egzaminami i marzą tylko o wakacjach) i udowodnić im, że nauki matematyczne nie są nużące. Opowiedz im historię Eratostenesa i namów ich, żeby go naśladowali. 21 czerwca wyprowadź ich na świeże powietrze (w słoneczne południe, niekoniecznie dokładnie o dwunastej), zaopatrzonych we własny zegar słoneczny, którym może być – nie szukając daleko – po prostu kijek do robienia *selfie* albo kosz na śmieci. Nie powinien być to przedmiot wyższy niż metr ani niższy niż pół metra. Za pomocą map Google (telefony komórkowe

użyte w klasie mogą być bardzo pomocne, jeśli namówimy dzieci, by je wykorzystały) uczniowie powinni uzyskać współrzędne (szerokość i długość) waszej szkoły i jej odległości od zwrotnika Raka (znajdującego się na szerokości geograficznej 23˚26'), spisując wszystkie możliwe długości wzdłuż równoleżnika. Powiedz im, żeby zapisali długość cieni, które rzucają ich gnomony, i ponownie uzbroili się w swoje smartfony (albo kalkulatory) i jedną prostą formułę matematyczną. Voila`! I już to będą mieli. Kto spośród nich wszystkich popełni najmniejszy błąd? Czy będą w stanie zrobić to lepiej niż Eratostenes wiele wieków temu?



L: DŁUGOŚĆ GNOMONU
S: DŁUGOŚĆ CIENIA
D: ODLEGŁOŚĆ DO ZWROTNIKA RAKA

PIERWSZA OPCJA:

MUSISZ OBLICZYĆ KĄT: $\alpha = \arctan\left(\frac{S}{L}\right)$

NA PODSTAWIE DANYCH OBLICZCAŁY OBWÓD ZIEMI: $P = D\frac{360°}{\alpha}$

WYLICZ PROMIEŃ ZIEMI: $R = \frac{P}{2\pi}$

DRUGA OPCJA:

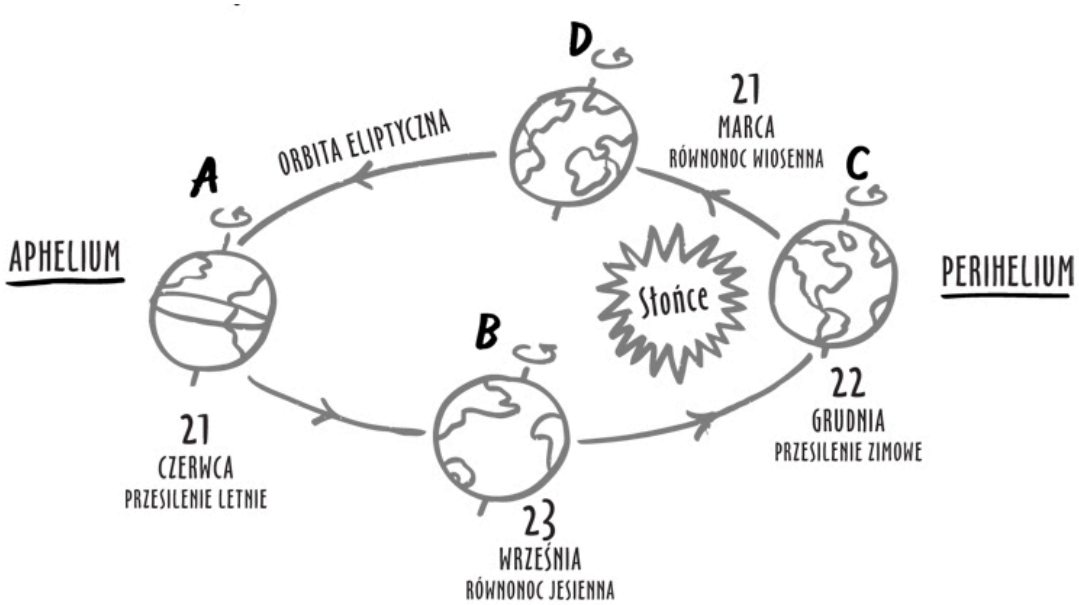
POŁĄCZYĆ WSZYSTKO W JEDNEJ FORMULE:

$R = \frac{D \cdot 180°}{\pi \cdot \arctan\left(\frac{S}{L}\right)}$ (STOPNIE)

$R = \frac{D}{\arctan\left(\frac{S}{L}\right)}$ (RADIANY)

Oprócz tego obrotu, który trwa rok (a raczej rok to dokładnie ten obrót, czas przesuwania się planety), Ziemia wykonuje też inne ruchy, z których najważniejszy jest ruch obrotowy: obraca się ona wokół własnej osi raz w ciągu doby, powodując zjawisko ciągłego następowania po sobie dni i nocy. Obrót Ziemi trwa 24 godziny, czyli dobę.

Chociaż mogłoby się wydawać, że cykl pór roku jest wynikiem ruchu naszej planety dookoła Słońca i odległości Ziemi od Słońca na elipsie, którą wokół niego zatacza (Ziemia jest najbliżej Słońca w punkcie peryhelium, a najdalej – w punkcie aphelium), jednak w rzeczywistości pory roku są spowodowane nachyleniem osi obrotu Ziemi: mniej więcej 23,5° w stosunku do płaszczyzny orbity, zawsze w tym samym kierunku. Na półkuli północnej, w punkcie aphelium, mimo że Ziemia jest w tym momencie najdalej od Słońca, jego promienie padają na powierzchnię globu pod większym kątem (bardziej prostopadle do powierzchni), dlatego mamy wówczas lato. Natomiast półkula południowa otrzymuje wtedy mniej energii i dlatego wtedy mamy tam zimę. Z kolei gdy w Ameryce Południowej jest lato, to w Europie panuje zima. Czyli na południe od równika Boże Narodzenie obchodzi się latem.



ORBITA ZIEMSKA

Ziemia nie tylko obraca się wokół własnej osi i odbywa obrót dookoła Słońca, jak uczyliśmy się tego w szkole, ale poza tym wykonuje trzy inne, dodatkowe ruchy, których możemy się domyślić, jeżeli wyobrazimy sobie, że Ziemia porusza się jak zabawka nazywana bąkiem. Są to: precesja planetarna (zdarza się co około 25 800 lat, czyli tzw. rok platoński), w której wyniku oś Ziemi zakreśla okrąg wokół

bieguna ekliptyki; nutacja (co 18,6 roku, ponieważ ruch precesji nie jest dokładnie kolisty z powodu siły przyciągania Księżyca); wreszcie ruch zwany chybotaniem Chandlera, sprawiający, że oś nachylenia zmienia się okresowo, osiągając odchylenia maksimum 9 metrów w stosunku do swojej teoretycznej pozycji.

Wyobrażam sobie astronomów starających się nazwać ten ruch.

„Panie Chandler, jak to nazwać? Nie poddaje się żadnym stałym regułom! Chybotanie? W porządku, zapiszcie to!"

Z powodu precesji za 1000 lat Gwiazda Polarna (Alfa Ursae Minoris, na końcu ogona Małej Niedźwiedzicy, znana też jako Polaris) przestanie wskazywać północ. Żeby znaleźć północ, trzeba będzie szukać gwiazdy Errai (Gamma Cephei). Po kolejnych 4500 lat będzie to Alderamin (Alfa Cephei), a po 12 000 lat – Wega (Alpha Lyrae), którą dzieli od Ziemi „tylko" 25 lat świetlnych.

Gdyby oś Ziemi nie była nachylona, nie byłoby pór roku, a Słońce górowałoby zawsze w zenicie nad równikiem, co sprawiłoby, że cała najbliższa okolica byłaby niemal niezamieszkana, pustynna i ciągle panowałoby tam lato. Tymczasem na północy i południu planety Słońce prawie nie wznosiłoby się nad horyzont, co sprowadziłoby na te tereny wieczną zimę.

Coś jak w filmie *Gra o tron* – kraj wiecznej zimy na północ od wielkiego Muru.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Hipoteza australijskiego astronoma George'a F. Dodwella jest taka, że w 2345 r. p.n.e. w Ziemię uderzyła asteroida, która spowodowała jej odchylenie od aktualnej osi, a także katastrofalny światowy potop – mniej więcej w tym samym czasie, jaki tradycyjnie chrześcijanie wiążą z Noem, biblijnym potopem i budową słynnej arki. Dodwell uważa również, że po tym uderzeniu oś Ziemi zaczęła się prostować, początkowo szybko, a następnie wolniej, aż w 1850 r. osiągnęła swoją obecną pozycję. Ta zmiana osi obrotu mogła być

odpowiedzialna za to, że wiele świątyń i miejsc kultu (jak Stonehenge czy świątynia Amona w Karnaku), zbudowanych dawno temu po to, żeby ich osie wskazywały jakąś konkretną gwiazdę czy jakiś szczególny punkt, przez który przedostają się promienie słoneczne, wskazuje teraz niewłaściwe miejsce.

Niejednokrotnie zadawano mi pytanie: dlaczego Ziemia się obraca?

Otóż około 4,6 miliarda lat temu z ogromnej chmury pyłów i gazu ukształtował się cały nasz Układ Słoneczny. Chmura ta zaczęła się zbijać w ciało stałe, spłaszczała się i w końcu zmieniła w gigantyczny dysk, który coraz szybciej się obracał. W jego środku uformowało się Słońce, a reszta krążącej materii również zaczęła się grupować, dzięki czemu powstały planety, księżyce, asteroidy i komety. Oto powód, dla którego na orbicie wokół Słońca krąży tyle ciał, niemal na tej samej płaszczyźnie (zwanej ekliptyką).

CIEKAWOSTKA POP: Zanim skończyłem dziesięć lat, marzyłem – jak prawie wszyscy chłopcy z mojego pokolenia – żeby być Supermanem, jak w filmie (tym z Christopherem Reeve z 1978 r.). Później odkryłem, że niewątpliwie jest to najbardziej antynaukowy film, jaki kiedykolwiek powstał (i to nie tylko dlatego, że nasz superbohater, latając z ponaddźwiękową prędkością, nigdy nie jest rozczochrany).

Jest w tym filmie scena, w której – by uratować Lois Lane z trzęsienia ziemi – ten żelazny człowiek zaczyna latać dookoła Ziemi z taką prędkością, że udaje mu się odwrócić jej obrót: najpierw ją zatrzymuje (*WTF1!!!*), a następnie odwraca (*WTF2!!!*), co powoduje, że czas także się cofa (*WTF3!!!*), i tym sposobem ratuje kobietę.

Zdumiewające. Przede wszystkim, gdyby Ziemia się tak nagle zatrzymała, byłby to kataklizm dla całej ludzkości: z powodu prawa zachowania pędu wszyscy wylecielibyśmy z niej na odległość 1600

kilometrów (prędkość obrotu na powierzchni Ziemi na równiku). Poza tym odwrócenie obrotu Ziemi oczywiście nie oznaczałoby cofnięcia czasu.

Nie trzeba bohatera w pelerynie, żeby wiedzieć, że nasza planeta stopniowo zwalnia (o 17 mikrosekund rocznie) z powodu strat energii związanych z przypływami i odpływami. Prawdę mówiąc, na przykład 400 milionów lat temu dzień trwał 22 godziny, a rok w związku z tym – 400 dni.

A zatem, czy Ziemia się kiedyś zatrzyma? I co się wtedy stanie? Przede wszystkim nie będzie dni i nocy, takich jak je znamy, ale co gorsza, z powodu zniknięcia siły odśrodkowej wygląd powierzchni naszej planety całkiem się zmieni: bieguny zaleje woda, a na powierzchni pozostanie tylko jakiś nowy kontynent, jak obwarzanek wokół równika. Powstaną dwa wielkie oceany biegunowe, w których zatoną Syberia, Antarktyda czy Kanada, jak to wylicza symulacja firmy ESRI.

Ale nic się nie martw, tak się nie stanie, ponieważ już znamy datę końca, zapisaną w kosmosie. Zanim tamto się wydarzy, Słońce zdąży zniszczyć Ziemię, kiedy zmieni się w czerwonego olbrzyma, czyli za niespełna 6 miliardów lat.

Kolejnym szalonym, a w dodatku fałszywym pomysłem krążącym wśród ludzi jest ten, że Ziemia może być pusta w środku. Są tacy, co wierzą w bardzo wysoko rozwinięte cywilizacje, które przebywają we wnętrzu Ziemi, a nawet w to, że UFO i latające talerze nie pochodzą spoza naszej planety, ale są wewnątrzziemskie i wydostają się z głębi Ziemi przez wielkie dziury znajdujące się na biegunach. Poza tym wewnątrz Ziemi miałoby się jakoby znajdować inne Słońce, które te cywilizacje oświetla. Światowe rządy oczywiście wiedzą o wszystkim, ale ukrywają to przed ludźmi, udając, że te wierzenia to szaleństwo. Takie jest przynajmniej zdanie niektórych „konspiranoików".

Możliwość istnienia Ziemi pustej w środku pojawiała się już w książkach science fiction, takich jak *Podróż do wnętrza Ziemi* (1864) Juliusza Verne'a (autora, który w swoich powieściach, pisanych z wielką

wyobraźnią, zdołał przewidzieć wiele późniejszych naukowych wynalazków), a także w twórczości takich autorów, jak Edgar Allan Poe czy H.P. Lovecraft.

Nie wchodząc w konspiracyjne teorie i bez zbędnych komplikacji, możemy udowodnić, że Ziemia nie jest w środku pusta.

Już same fale sejsmiczne dowodzą, że nasza planeta jest „pełna" materiału, który tworzy jej kolejne warstwy, i że ziemskie pole magnetyczne, chroniące nas przed strumieniami słonecznej plazmy, jest efektem potężnej masy namagnesowanej materii (żelazo, nikiel i w mniejszych ilościach inne metale), jaka krąży w jądrze Ziemi. I oczywiście żaden satelita nie zauważył owych hipotetycznych wielkich dziur w biegunach Ziemi, przez które można się podobno dostać do jej wnętrza.

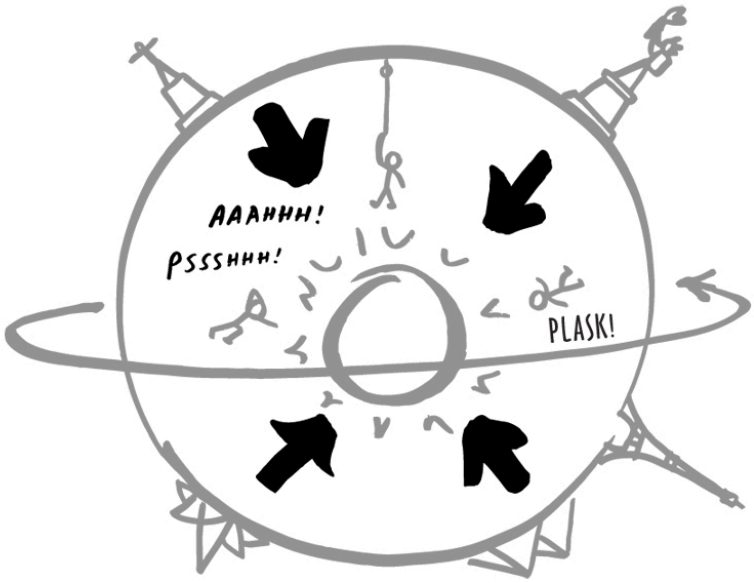
Temperatura Ziemi rośnie wraz z głębokością – zjawisko znane jako gradient geotermiczny – i w samym jej centrum może osiągać 6700°C, czyli więcej niż na widocznej powierzchni Słońca. Ta temperatura jest wynikiem ciepła uwolnionego podczas formowania się planety (na skutek kolizji i zderzeń atomów, które ją tworzą), a także ciepła wydzielanego, kiedy żelazo krystalizowało, tworząc wewnętrzne stałe jądro. Obecnie jednak, jak każda wielka elektrownia jądrowa, zyskuje ciepło uwolnione na skutek rozpadu izotopów radioaktywnych uranu (U), toru (Th) i potasu (K). Jak w każdym procesie radioaktywnym, również Ziemia emituje w przestrzeń kosmiczną więcej ciepła, niż go wytwarza w swoim wnętrzu. Przez to się ochładza – powoli, ale stale.

Ostatnie badania sugerują, że najgłębsza warstwa, czyli jądro ziemskie, jest wzbogacona bardzo ciężkimi pierwiastkami o liczbie atomowej wyższej niż 55, czyli m.in. złotem i rtęcią – prawdopodobnie pochodzącymi z meteorytów, które uderzały w Ziemię około 4 miliardów lat temu.

W jądrze Ziemi jest tyle złota ($2{,}4 \times 10^{18}$ kg), że można by nim pokryć całą powierzchnię naszego globu warstwą o grubości czterech metrów!

Jak dowiodły rozliczne eksperymenty, Ziemia waży 6 kwadrylionów kilogramów (czyli 6×10^{24} kg). Gdyby Ziemia była pustą skorupą o grubości zaledwie 12 kilometrów, jak proponują niektórzy, gęstość

materialnej części Ziemi musiałaby być wiele tysięcy razy większa niż naszego ciała czy wody; musiałaby owa materia być wielokrotnie gęstsza niż najbardziej gęste pierwiastki na tablicy Mendelejewa. Łyżeczka piasku ważyłaby miliony ton! W dodatku wewnątrz Ziemi nie byłoby ciążenia, czego dowodzi twierdzenie Gaussa o obiektach pustych w środku – zatem jedyną, która by trzymała na podłożu owe rzekome „cywilizacje", byłaby siła odśrodkowa, wynikająca z obracania się planety (jak obracana nad głową woda w wiadrze albo wirująca w pralce bielizna). Taka siła największa byłaby na równiku, ale i tak 300 razy słabsza od siły ciążenia. Mieszkańcy tamtejszych cywilizacji bez przerwy upadaliby na głowę.



Wnętrze Ziemi jednak nadal pozostaje wielką naukową tajemnicą. W dodatku nie udało się nam dokopać zbyt głęboko: największa studnia to Supergłęboki Odwiert Kolski w Rosji o głębokości nieco ponad 12 kilometrów. Rów Mariański o głębokości około 10,9 kilometra jest najgłębszym miejscem oceanu: zanurzył się tam reżyser filmowy James Cameron (ten od *Titanica* i *Terminatora*) w batyskafie „Deepsea Challenger" – stając się tym samym trzecim człowiekiem, który zbadał to miejsce (opowiada o tym film dokumentalny *Deepsea Challenge* z 2014 r.). Jednak te głębokości to zaledwie 0,2% promienia Ziemi.

Reszta, chociaż przewidywalna, nadal jest tajemnicą, jaką nasza planeta kryje w swoim wnętrzu.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Po co istnieją pory roku?”.

Odpowiedzieliście:

Instagram:

buka_buka: Bo gdyby ich nie było, nie byłoby *Lata Muminków*.

Lets_Ketchup: Bo wtedy mielibyśmy tylko pizzę „4 sery”, a nie „4 pory roku”.

Facebook:

Copacabana15: To odpowiedź natury wobec zmian, po to, żeby przetrwać… ale niewiele o tym wiem, bo mieszkam w ciepłych krajach.

16
Dlaczego niebo jest błękitne?

„Tatusiu, dlaczego niebo jest błękitne?", spytała mnie córka, kiedy była jeszcze bardzo mała, gdy siedzieliśmy na plaży podczas wakacji. Nawet wtedy, mając jeszcze ograniczoną wiedzę w zakresie fizyki, mogłem jej udzielić całkowicie naukowej odpowiedzi. Ale Marta miała wtedy sześć, najwyżej siedem lat i z pewnością by mnie nie zrozumiała, zatem wolałem jej odpowiedzieć tak samo, jak odpowiedziała mi moja matka, kiedy miałem tyle samo lat:

„Kochanie, niebo jest błękitne, bo się odbija w morzu, które też jest niebieskie".

Wydawało mi się, że ta odpowiedź ją przekonała. Ona jednak podniosła główkę i zadała mi kolejne pytanie:

„A czy czasem nie jest odwrotnie, tatusku? Czy morze nie jest niebieskie dlatego, że odbija się w niebie, które też jest niebieskie?".

Tam w górze, nad naszymi głowami, niebo jest niebieskie – oczywiście oprócz sytuacji, kiedy są chmury, smog czy po prostu dlatego, że zapadła noc. Dziwne byłoby niebo zielone albo fioletowe, albo będące mieszaniną ciepłych kolorów, jak przytłaczające niebo na obrazie *Krzyk* Edvarda Muncha. Albo barwy wanilii, jak w amerykańskim remake'u filmu Amenábara *Otwórz oczy* (1997) pod tytułem *Vanilla Sky* (2001).

Dlaczego właściwie niebo jest koloru niebieskiego, skoro światło płynące ze Słońca jest białe? Otóż właśnie dlatego: jego błękit ma związek z bielą światła słonecznego.

Wiemy już, że białe światło to połączenie wszystkich widocznych barw, poczynając od czerwonej (kolor najmniej energetyczny,

o najdłuższej fali i najmniejszej częstotliwości). Oko jest w stanie widzieć ten stopień częstotliwości, ponieważ w nim właśnie Słońce emituje najwięcej energii, zatem oko ludzkie w największym stopniu przystosowało się do wychwytywania właśnie takich częstotliwości.

W promieniowaniu elektromagnetycznym poniżej czerwonego znajdują się światło podczerwone (to, które emitują ciała z powodu swojej temperatury i które pozwala istnieć mechanizmom noktowizyjnym) czy fale radiowe, jakie przechwytują radioodbiorniki (chociaż teraz słucha się już wielu „podkastów" w Internecie). Te wszystkie częstotliwości są niższe od częstotliwości widzialnego światła; są także mniej energetyczne.

Ponad światłem niebieskim znajdują się ultrafiolet (który sprawia, że mamy opaloną skórę po leżeniu na plaży) albo promienie gamma (są emitowane podczas reakcji jądrowych i są bardzo niebezpieczne dla wszystkiego, co żyje, chociaż dają też wiele radości scenarzystom komiksów o superbohaterach). Ten rodzaj światła ma większą częstotliwość od widocznego spektrum i jest w konsekwencji bardziej energetyczny. Spośród tych wszystkich częstotliwości ludzkie oczy rejestrują pasmo widzialne, od czerwieni do błękitu; pozostałe częstotliwości są dla nas niewidzialne. I we wszystkich wypadkach mówimy o promieniowaniu elektromagnetycznym, czyli o falach pola elektromagnetycznego, które rozchodzą się w przestrzeni kosmicznej.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Nasz mózg nie postrzega świata takim, jakim jest, lecz podaje nam do wiadomości jego interpretację przez posiadane przez nas zmysły. Chcę powiedzieć, że istnieją rodzaje światła, których nie widzimy, i dźwięki, których nie słyszymy (wiadomo, że na przykład psy potrafią słyszeć dźwięki niesłyszalne dla ludzi, tzw. ultradźwięki). Astrofizycy, badając niebo, używają rozmaitych częstotliwości światła; kiedy oglądają firmament za pomocą teleskopów światła widzialnego, widzą inne obiekty niż teleskopami promieni X czy fal radiowych, czy też

promieni ultrafioletowych; prawdę mówiąc, w wypadku każdego rodzaju światła Wszechświat wygląda zupełnie inaczej.

A teraz, po tym krótkim przypomnieniu różnych rodzajów światła, możemy spróbować odpowiedzieć na pytanie, dlaczego niebo jest niebieskie.

Ma to związek z atmosferą ziemską. Białe światło przybywa ze Słońca do atmosfery (biegnie tak szybko, że potrzebuje zaledwie 8 minut i 30 sekund; to znaczy, że gdyby Słońce nagle zgasło, zauważylibyśmy to właśnie po takim czasie), a już w atmosferze zachodzi w nim to, co nazywamy rozpraszaniem Rayleigha (na cześć brytyjskiego fizyka Lorda Rayleigha, który opisał to zjawisko około 1870 r.). To rozpraszanie następuje, kiedy promieniowanie oddziałuje z cząsteczkami o wiele mniejszymi niż długość fali.

Rozpraszanie Rayleigha, czyli odchylenie światła od prostej drogi, jest odwrotnie proporcjonalne do długości fali podniesionej do czwartej potęgi. To oznacza, że im większa jest długość fali, tym mniej się ona rozprasza (jako odwrotnie proporcjonalna); poza tym wartość długości fali ma wielkie znaczenie w rozpraszaniu, które jest bardzo odmienne przy różnych długościach fali (do potęgi czwartej).

Zatem światło czerwone (duża długość fali) rozprasza się niewiele, natomiast niebieskie (mała długość fali) rozprasza się bardzo. Różnica między nimi jest ogromna. Czerwone światło wchodzi w atmosferę i nadal biegnie prostą drogą, dlatego podczas zachodu widzimy wokół Słońca czerwień, podczas gdy niebieskie światło się rozprasza i zaczyna „krążyć" po całej atmosferze, barwiąc wszystko na niebiesko. Z miejsca, z którego patrzymy na niebo, do naszych oczu trafia promień światła niebieskiego. Poza tym, ponieważ światło niebieskie się rozprasza, widzimy Słońce jako lekko żółte. Poza atmosferą jednak Słońce jest widziane jako całkiem białe, w kontraście do kompletnej czerni kosmosu. Takie właśnie czarne, z pewnością ponure niebo widzielibyśmy z Ziemi, gdyby nie było atmosfery.

CIEKAWOSTKA POP: „Moje milczenie – to błękit. Twoja niewinność – błękit. Nasz pocałunek – błękit", głoszą słowa jednej z moich ulubionych piosenek, *Azul*, śpiewanej przez grupę Elefantes z Enrique Bunburym.

Dlaczego „błękit"?

Pewnie dlatego, że ten kolor, kojarzony również ze spokojem i pokojem na świecie, wiąże się – w sferze psychicznej – ze stanem ducha raczej słabym, depresyjnym, może szczególnie ze smutkiem. Stąd Anglosasi uważają *blue* za synonim smutku (*He was feeling blue*, czyli smutny); nazwano tak również melancholijny styl w muzyce (*blues*). Jest nawet tak zwany *Blue Monday*, trzeci poniedziałek stycznia, uznawany za najbardziej deprymujący dzień w roku, ponieważ nasz nastrój – według dość problematycznego pseudonaukowego równania – zależy wtedy między innymi od pustego portfela po zakupach świątecznych, od bardzo jeszcze długiego czasu oczekiwania na wakacje, od zimowego klimatu oraz od właściwego i nieuniknionego stresu, jaki nam towarzyszy w każdy poniedziałek.

W Hiszpanii nazywamy to po prostu „styczniową równią pochyłą".

Ale skąd to rozpraszanie? Ponieważ światło, oprócz tego, że jest falą, jest także cząsteczką; posiada tę dziwną właściwość fizyki kwantowej, czyli dualizm korpuskularno-falowy (chociaż Rayleigh prowadził swoje studia jeszcze przed odkryciem praw mechaniki kwantowej). Kwant światła nazywamy fotonem. Został odkryty przez Alberta Einsteina w czasie jego studiów nad naturą efektu fotoelektrycznego (za co uhonorowano go Nagrodą Nobla), efektu, który sprawia, że drzwi w centrach handlowych same się przed nami otwierają i że panele słoneczne generują elektryczność. Jeśli uznamy światło za wiązkę fotonów o różnych energiach, wpadającą w atmosferę, możemy sobie wyobrazić, jak te fotony uderzają w ziarenka pyłu i krople wody poruszające się w powietrzu i ciągle zmieniają kierunek. A ponieważ niebieskie fotony mają więcej energii, przebijają się przez całą

atmosferę, jakby były kulami w maszynie „Postaw na milion", powodując, że niebo jest błękitne, a nie zielone, fioletowe, beżowe czy koloru kości słoniowej. Nawet nie turkusowe. A już na pewno nie waniliowe.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Dlaczego niebo jest niebieskie?".

Odpowiedzieliście:

Instagram:

tytus_zuch: Bo większość ludności na naszej planecie nie jest daltonistami :)

Twitter:

@MadreMia: To przez filtry Instagramu.

Facebook:

Samuel Thoma: Dla Cyklopa niebo jest czerwone. Wszystko jest czerwone dla Cyklopa.

17
Czy czas istnieje?

„Jeśli mnie o to nie pytają, wiem; jeśli mnie o to pytają, nie wiem".

Coś w tym rodzaju na temat tego, czym jest czas, napisał święty Augustyn. Miał na myśli to, że wszyscy wiemy, co to jest czas, ponieważ doświadczamy jego biegu i jesteśmy w pewnym sensie niewolnikami wyznaczonych godzin i zegarów. Rodzimy się, starzejemy i umieramy (w międzyczasie – przy odrobinie szczęścia – robimy różne rzeczy). Z drugiej strony, teraźniejszość to nieuchwytna tajemnica: kiedy mówimy „teraz", już nie jest teraz, bo owo „teraz" już powędrowało w przeszłość. Wszystko to jest niezwykłe, a każda chwila jest wyjątkowa i jedyna: carpe diem, chwytaj dzień.

Zatem żyjemy zanurzeni w tym czymś zwanym czasem; sami jesteśmy tym czasem. Niemniej, kiedy nas proszą o wyjaśnienie, czym jest czas, prawdopodobnie brakuje nam słów i zostajemy z głupią miną. Temat jest bardzo skomplikowany. Jak kiedyś miał powiedzieć Albert Einstein:

„Dla naukowców czas jest tylko złudzeniem".

Czas był pojmowany bardzo rozmaicie w różnych epokach i kulturach. Na przykład dla wielu tradycji Wschodu czas ma naturę cykliczną, krążącą; Wszechświat sam się stwarza i sam się niszczy (jak to robi hinduski bóg Śiwa), a ludzie są zanurzeni w jakimś cyklu reinkarnacji. Istnieje mit wiecznego powrotu, o czym mówił także Nietzsche: idea, zgodnie z którą historia powtarza się niezliczoną ilość razy.

Na Zachodzie natomiast dominowało pojęcie czasu linearnego. Bóg stwarza Wszechświat i czas biegnie zawsze ku przyszłości, aż do chwili

Sądu Ostatecznego. W okresie oświecenia nadal traktowano czas linearnie, jednak zakładano rozumowo, że dąży on do postępu. Dla marksistów historię napędza walka klas: historia ta dąży nieuchronnie w kierunku rewolucji i komunizmu. Wszystkie te poglądy potwierdzają linearny charakter czasu, który bez powtarzania się biegnie od przeszłości do przyszłości.

A co na temat czasu mówi nauka?

Naukowcy wiążą pojęcie czasu ze zmianą. Spójrzcie tylko: gdyby wszystko było nieruchome, gdyby nic się nie zmieniało, nie moglibyśmy mówić o mijaniu czasu. Prawdę powiedziawszy, żeby mierzyć czas, używamy regularnego ruchu: ruchu sekundnika, ruchu wahadła, ruchu Słońca po niebie czy ruchu Ziemi dookoła Słońca. Czas jest wymiarem fizycznym, który wraz z trzema wymiarami przestrzennymi służy do określenia lokalizacji danego wydarzenia. Na przykład jeżeli chcesz się umówić na spotkanie, musisz ustalić miejsce (współrzędne przestrzenne) oraz godzinę (czas).

Czas ma jednak pewną niepokojącą właściwość, która odróżnia go od współrzędnych przestrzennych: podczas gdy wszystko w przestrzeni może się poruszać w lewo i w prawo, w przód i w tył, w górę i na dół – czas może się posuwać tylko do przodu, zawsze do przodu. Poza tym przyszłość znacznie różni się od przeszłości. Na przykład: przeszłość jest nam znana, przyszłości zaś nigdy nie znamy.

W rzeczywistości istnieje pewna wielkość, która mierzy stopień nieuporządkowania jakiegoś systemu i która daje nam pojęcie o tym, dokąd skierowana jest tzw. strzałka czasu: wszystko dzieje się w sposób zwiększający entropię, czyli nieporządek (temat ten będziemy zgłębiać w następnym rozdziale). Wszystko staje się coraz bardziej nieuporządkowane, a upływ czasu wzmaga ten nieporządek. I chociaż tyle się marzyło o wehikule czasu, nikt nie zdołał go zbudować.

Dla klasycznej fizyki Newtonowskiej czas jest wielkością absolutną, zawsze biegnącą tak samo, którą wszyscy mierzą w taki sam sposób. Żadne wydarzenie na świecie nie wpływa na czas, który wytrwale idzie naprzód, na nic nie zwraca uwagi i od niczego nie zależy. Jest pojęciem intuicyjnym; w codziennym życiu obserwujemy regularny rytm zegarów, niewzruszenie idących naprzód, chociaż w naszych umysłach

istnieje też coś takiego jak czas psychologiczny, który czasami posuwa się naprzód wolniej (kiedy się na przykład nudzimy), a czasami szybciej (kiedy się na przykład dobrze bawimy – jak szybko mijają takie chwile!). Kiedy wspominamy dzieciństwo, pamiętamy, że mieliśmy wrażenie, że każda godzina trwała rok, rok zaś to była cała wieczność! Było tak, jakby czas się ledwie, ledwie posuwał; tymczasem z wiekiem wydaje się nam, że czas biegnie naprzód coraz szybciej.

Tempus fugit – czas ucieka.

Psychologowie tłumaczą to tym, że kiedy jesteśmy dziećmi, wszystko jest dla nas nowością, co sprawia, że czas płynie nam wolniej. Dlatego jeżeli chcesz złagodzić ciężar przemijania lat, warto robić zawsze coś nowego – i robić dużo rzeczy. Wówczas twoje poczucie czasu się rozciągnie.

Walka z rutyną.

Teoria względności Einsteina definiuje czas jako dodatkowy wymiar związany z trzema wymiarami przestrzennymi w czterowymiarowej „tkaninie", którą nazywamy czasoprzestrzenią. W tym wypadku czas nie posuwa się już do przodu niezależnie od wydarzeń, ale zależy również od ruchu. Jak zobaczyliśmy w pierwszym rozdziale: im szybciej się poruszasz, tym wolniej mija twój czas z punktu widzenia nieruchomego obserwatora, aż do momentu, w którym całkiem się zatrzymuje, czyli przy osiągnięciu prędkości światła. W ogólnej teorii względności, która zajmuje się efektami grawitacji, widać, że czas oprócz tego, że jest zależny od ruchu, zależy również od natężenia pola grawitacji: im to natężenie jest większe, tym wolniej płynie czas; zatem płynie on wolniej w piwnicy niż na strychu. Pamiętaj: jeżeli chcesz się mniej starzeć, powinieneś zamieszkać w piwnicy, chociaż… wiesz przecież, że różnica jest tak niewielka, że jej nie zauważysz. Jak więc widzisz, ten einsteinowski czas jest zmienny, płynny, zupełnie inny niż czas newtonowski. Idee te zainspirowały Salvadora Dalego do namalowania swoich słynnych, cieknących zegarów.

I chociaż czas wydaje się nam podobny do rzeki, która bez przerwy płynie, dla niektórych fizyków, jak na przykład dla Brytyjczyka Juliana Barboura, Wszechświat jest statyczny, czas zaś jest tylko formą interpretacji Wszechświata. Tak jakby w pewien sposób to tylko nasza

świadomość przenosiła się przez rozmaite momenty historii, a w rzeczywistości czas nie biegł.

Czyli czas jako taki nie istnieje.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Dlaczego nie możemy podróżować w przeszłość?".

Odpowiedzieliście:

Instagram:

rambo_03: Bo zakazują tego prawa międzygalaktyczne..., a kara, którą trzeba zapłacić, jest bardzo wysoka!

Twitter:

@Skakanka: Dwa piwa i muzyka z lat osiemdziesiątych... kto mi powie, że to nie podróż w przeszłość?

Facebook:

Woyteck Malarz: Dlatego, że nie mam plutonu, żeby zbudować kondensator strumienia...

Maria Grey: Według *Dragon Ball* podróż w przeszłość jest obelgą dla bogów i jest zabroniona.

Kuba Arias: Dlatego, że Doraemon nas nauczył, że możemy bardzo poplątać, jeżeli coś zmienimy, i że wobec tego lepiej, jeżeli zostaniemy w teraźniejszości.

18

Dlaczego Wszechświat i twój pokój zawsze mają tendencje do straszliwego bałaganu?

Wydaje się, że pokój ma zawsze skłonność do tego, żeby panował w nim bałagan: łóżko niezaścielone, bielizna wala się po wszystkich kątach, książki nie stoją uporządkowane na półkach i leżą na przykład na nocnym stoliku, poduszki śpią na podłodze… Każdego kolejnego dnia trzeba układać wszystko na swoim miejscu; dziwne jest to, że nie porządkują się same i że trzeba włożyć nieco energii, aby wszystko znalazło się tam, gdzie należy. Może to trochę lenistwo…?

Cóż, dobrze czy źle, tak zawsze będzie.

To mogłoby być przykładem działania natury. We Wszechświecie poszczególne układy mają spontaniczne tendencje do minimalnej energii i maksymalnego bałaganu. Fizycy posługują się wielkością termodynamiczną dotyczącą tego rosnącego bałaganu, ową wspomnianą już entropią, pojęciem, które pobudziło wyobraźnię wielu ludzi, również spoza kręgów naukowych (naprawdę nic dziwnego, że czasem słyszy się to słowo w dyskusjach artystycznych czy pogawędkach przy barze; nie zawsze zresztą używa się go we właściwym sensie).

Wyjątkową właściwością entropii we Wszechświecie jest jej ciągły wzrost. Nazywamy to drugą zasadą termodynamiki; jest to jedno z najważniejszych praw, będących kręgosłupem naszej rzeczywistości. O ile całkowita energia Wszechświata nigdy się nie zmienia (ani się nie stwarza, ani się nie niszczy), co łączy się z pierwszą zasadą

termodynamiki, o tyle entropia – zgodnie z drugą zasadą – stale wzrasta.

To nam zresztą pokazuje, jak wydarzenia następują po sobie.

Na przykład entropia mówi nam również, w jakim kierunku jest skierowana strzałka czasu; wskazuje ona – co może potwierdzić każdy człowiek na podstawie codziennych doświadczeń – od przeszłości do przyszłości. Przeciwnie niż pozostałe wymiary przestrzenne (które mogą się poruszać od lewej do prawej, do przodu i do tyłu), wymiar czasu jest asymetryczny: nie możemy się przenosić w przeszłość, a wszystko dąży nieuchronnie do przyszłości.

I wędrując ku przyszłości, entropia zawsze rośnie: mieszkanie zawsze się zabałagani, a gdy kieliszek z winem upadnie na podłogę, rozbije się na tysiąc kawałków, które rozsypią się po dywanie. Tylko nagranie (odtworzone od tyłu) może pokazać, jak te kawałki spontanicznie z powrotem idealnie się łączą, żeby znów stworzyć cały kieliszek trzymany w ręku. To byłoby jak przewijanie taśmy życia z powrotem, jakby strzałka czasu się odwróciła.

A to się przecież nie zdarza.

Pojęcie entropii wyrosło w kontekście rewolucji przemysłowej w drugiej połowie XVIII wieku. Zdefiniował ją Rudolf Clausius (1822–1888), a później została określona matematycznie przez Ludwiga Boltzmanna (1844–1906).

W tamtych czasach ludzie zaczęli projektować i wykorzystywać maszyny cieplne, takie jak maszyna parowa czy lokomotywa. Wówczas zauważono, że ciepło zawsze przenosi się z ciał cieplejszych do zimniejszych (ci, którzy żyją w parach, wiedzą, że jedno z dwojga ma zawsze zimniejsze nogi niż drugie… i że zawsze dąży się do wyrównania tej temperatury).

Stąd ciało zimne, na przykład o temperaturze 25°C, nie przekazuje swojej ciepłoty ciału o temperaturze 100°C po to, żeby się oziębić. Łatwo to zrozumieć, jeżeli wiemy, że temperatura ciała to po prostu wibracje molekuł, czyli cząsteczek, i normalne jest, że te cząsteczki, które bardziej wibrują (należące do ciepłego ciała), powodują wibracje (czyli ogrzewają) cząsteczki ciała zimnego, a nie odwrotnie. Zatem lód,

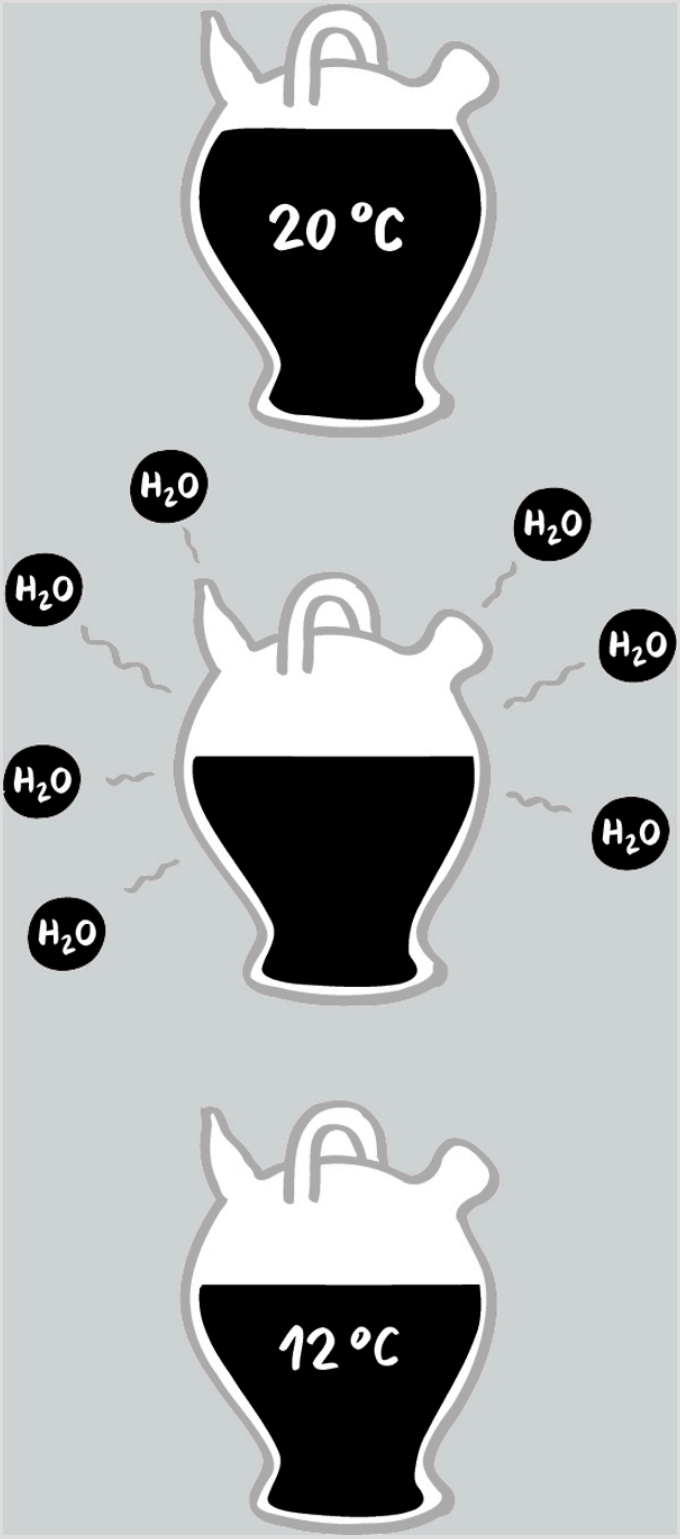
o niższej temperaturze, topnieje w wodzie, niszcząc swoją strukturę ciała stałego, oziębiając i obniżając temperaturę wody.

Na wyjątkową uwagę zasługuje ludzkie ciało: stanowi ono system, który nie jest zrównoważony termodynamicznie. Choćby było bardzo zimno, ciało się nie oziębia do temperatury otoczenia ani też nie ociepla do 40°C latem w Sewilli; zawsze ma około 36°C, co jest optymalną temperaturą do jego funkcjonowania (z wyjątkiem sytuacji, kiedy mamy gorączkę albo hipotermię – ale to sytuacje, których radzimy się wystrzegać). Poza tym ciało jest dalekie od nieporządku: stale buduje skomplikowany porządek w postaci organelli komórkowych, komórek, tkanek, organów... Jak to możliwe, że w tak widoczny sposób łamiemy prawa termodynamiki? Otóż zużywając energię, z której stale korzystamy, a którą otrzymujemy z pięciu posiłków dziennie, jakie nam zalecają. Poza tym ludzkie ciało pochłania skomplikowaną materię i rozkłada ją, wytwarzając dwutlenek węgla (CO_2), który jest wydychany, oraz amoniak i inne resztki trawienne. Powiększamy nasz porządek, robiąc nieporządek w środowisku. Żyjemy w ciągłej walce z entropią.

Jeżeli zaś ktoś osiąga równowagę termodynamiczną z otoczeniem, oznacza to, że jest martwy. Zwłoki są zimne.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Skoro dowiedziono, że ciepło przepływa wyłącznie z ciał cieplejszych do zimniejszych i że odwrotna sytuacja może się wydarzyć tylko przy dostarczeniu dodatkowej energii, jak zatem działa *botijo*, tradycyjne hiszpańskie naczynie do przechowywania wody, a zarazem jeden z najprostszych i najbardziej skutecznych tworów inżynierii? Poznaj jego możliwości: przy temperaturze powietrza w okolicach 30˚C to proste naczynie (używane już w starożytnym Rzymie) jest w stanie ochłodzić zawartą w nim wodę do 10˚C. W dodatku bardzo szybko, w niecałą godzinę. Zawdzięcza to porowatej powierzchni, która pozwala, żeby woda z wnętrza wydostawała się na tę powierzchnię (mówi się, że naczynie się „poci" i w gruncie rzeczy to jest to samo, co robi nasze

ciało, starając się obniżyć swoją temperaturę). Kiedy płyny są ciepłe, czyli kiedy mają pewną energię, ich molekuły poruszają się z jednego końca na drugi, uderzając o siebie nawzajem, tym szybciej, im wyższa jest temperatura. Wewnątrz *botijo* te „gorące i niesforne" molekuły, uderzane przez sąsiednie molekuły, wyskakują do góry i mieszają się z powietrzem, tworząc delikatną chmurkę pary wodnej dookoła wewnętrznej powierzchni naczynia, po czym wydostają się na zewnątrz przez pory w glinie. Jak to mądrze zaprojektowano i wykonano! Te wszystkie uciekające molekuły zabierają ze sobą energię, jaką zawierają – i, stopniowo, liczba kolizji cząsteczek w płynie zaczyna się zmniejszać, czyli płyn się oziębia.



Gabriel Pinto i José Ignacio Zubizarreta, hiszpańscy uczeni z Politechniki Madryckiej, przedstawili dynamiczne równania dla

kulistego *botijo*, opisując naukowo jego proste, ale bardzo skuteczne działanie.

Właśnie taka, dotycząca śmierci termicznej, jest jedna z wizji przyszłości Wszechświata, kiedy entropia osiągnie swoje maksimum i wszystko, co istnieje, znajdzie się w stanie równowagi termodynamicznej. Wszechświat stanie się zimny, z temperaturą bliską zera absolutnego, i nieruchomy na zawsze, nieuchronnie, z jednakowo rozdzieloną energią i bez możliwości wykonywania jakiejkolwiek pracy. Będzie tak, jakby mu się wyczerpały baterie.

Ale do tej chwili jest jeszcze bardzo daleko, jakieś 10^{100} lat (1 i sto zer!).

Kolejna konsekwencja – bardziej prozaiczna – drugiej zasady termodynamiki jest taka, że część energii, jakiej się dostarcza, żeby wykonać pewną pracę, zawsze w trakcie tego procesu się marnuje (nie da się osiągnąć stuprocentowej skuteczności) w postaci ciepła. Maszyny podczas funkcjonowania się nagrzewają, a tej energii cieplnej nie da się użyć do wykonania pracy, do jakiej są one przeznaczone. Zawsze część energii, jaką wkładamy, będziemy tracili w postaci ciepła, bo w energetyce żadna maszyna nigdy nie daje więcej (ani tyle samo) od tego, co się w nią wkłada.

To przyczyna, dla której termodynamika nie dopuszcza istnienia perpetuum mobile, czyli urządzenia zdolnego do tego, by stale się poruszać, zamieniając energię w pracę, bez baterii, bez jakiegokolwiek paliwa. Na przestrzeni dziejów wielu wynalazców wymyślało często bardzo oryginalne urządzenia, żeby udowodnić możliwość istnienia takiego perpetuum mobile. Oczywiście – bez sukcesu.

Poza tym entropia informuje też o odwracalności lub nieodwracalności jakiegoś procesu, czyli – czy sprawy ulegają odwróceniu.

Na przykład: jeżeli wsypiesz torebkę cukru do szklanki wody i zamieszasz łyżeczką, cukier rozpuści się w wodzie; z kolei jeżeli następnie zamieszasz znów łyżeczką, ale w odwrotną stronę, kryształki cukru nie uformują się z powrotem, tylko nadal będą rozpuszczone tak

jak przedtem. Dlaczego tak się dzieje? Otóż dlatego, że nieporządek w układzie, czyli entropia, się powiększył: cząsteczki cukru opuściły swoją uporządkowaną, krystaliczną strukturę, żeby zmieszać się z cząsteczkami wody. Ten proces jest nieodwracalny.

Procesy, podczas których nie zachodzi wymiana ciepła z otoczeniem (zwane adiabatycznymi), są odwracalne tylko wtedy, kiedy entropia pozostaje stała – co też się może zdarzyć. Jeśli obserwujemy zjawisko, w którym entropia spontanicznie się zmniejsza, to dlatego, że entropia w jego otoczeniu rośnie, a ogólny bilans jest wzrostem entropii, jak przewiduje fizyka. Oczywiście jeżeli wkładamy pracę, na pewno możemy zmniejszyć entropię – to tak, jakbyśmy porządkowali swój pokój. Nie jest to nic spontanicznego, bo, jak wiecie, porządkowanie wymaga pewnego wysiłku.

Jak powiedział Homer w jednym z odcinków *Simpsonów*: „Liso, w tym domu postępuje się zgodnie z zasadami termodynamiki!".

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Dlaczego i Wszechświat, i twój pokój zawsze mają skłonność do straszliwego bałaganu?".

Odpowiedzieliście:

Instagram:

master_of_your_destiny: Entropia. Na szczęście zawsze jest mama, która to powstrzyma.

Twitter:

@sun_rt: To nie żaden bałagan, tylko abstrakcyjna dekoracja.

Facebook:

Celina Sobol: No, proszę! Mój syn zabałaganił także Wszechświat? Mati, w tej chwili masz to posprzątać!

Sylwia KG: Bo twoja matka nie nauczyła cię zmieniać butów! He, he, he…

19
Czy w przyszłości będziemy cyborgami?

Zgodnie z prawami odkrytymi przez Karola Darwina życie na Ziemi podlegało ewolucji, poczynając od pierwszej, pierwotnej komórki (prapraprapra... prababki wszystkich żywych istot, które zamieszkiwały powierzchnię naszej planety), aż do tej ogromnej różnorodności form życia znajdujących się we wszystkich środowiskach naturalnych na kuli ziemskiej. Od najmniejszych owadów aż do wielorybów czy słoni, od bakterii i pierwotniaków do ludzi, którzy w swoich czaszkach noszą najcudowniejszą, najbardziej niezwykłą znaną dotychczas machinę: mózg. A jeszcze ciągle pozostają nam do odkrycia tysiące gatunków żywych istot.

Cała ewolucja odbyła się w nieco ryzykowny sposób, według praw naturalnej selekcji, czyli zasady, zgodnie z którą przeżywają najbardziej zdolni, ci, co najlepiej przystosowują się do otoczenia. W przyrodzie są to jednostki, które przeżywają i osiągają cel, do jakiego zostały zaprogramowane, czyli reprodukcję, przekazanie swoich genów następnym pokoleniom. Tak właśnie rozwija się ewolucja: na ślepo.

Niemniej współczesny człowiek doprowadził do pewnej zasadniczej zmiany: nie tyle on przystosowuje się do otoczenia, ile sam przystosowuje to otoczenie do swoich własnych potrzeb. Zwróć uwagę: mieszkamy w domach, w których z chwilą przekręcenia kurka otrzymujemy wodę, a jeżeli dotkniemy kontaktu, zapala się światło; poza tym ściany i dach chronią nas przed niebezpieczeństwami i surowością pogody, a ogrzewanie sprawia, że jest nam cieplutko. Cywilizacja to zupełnie coś innego niż dżungla. Nie wydaje się, żebyśmy

mieli specjalne ciągoty do przystosowania się do otoczenia, które jest nam wrogie, do walki o życie, żeby tylko zdołać unieśmiertelnić nasze geny. Mamy kanapę, Wi-Fi i PlayStation.

Możliwe, że biologiczna ewolucja jako taka w wypadku rasy ludzkiej już dobiegła końca; odtąd ewolucja może mieć najwyżej związek z takimi rzeczami, jak Wi-Fi czy PlayStation – zatem z technologią. Idąc dalej, możliwe, że już nie będzie ewolucji w dziedzinie naszego DNA, gdyż są to procesy bardzo powolne, wymagające tysięcy czy nawet milionów lat, ale w obrębie ulepszeń technicznych, które mogą się pojawiać w ogromnej ilości zaledwie w ciągu kilku lat (pomyśl, ile lat ma Internet; albo – jeszcze lepiej – od kiedy istnieją smartfony).

Oto co nam proponuje filozofia zwana transhumanizmem.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Już w 1959 r. wspaniały fizyk i wizjoner Richard Feynman mówił o korzyściach wynikających z badań w skali nanometrycznej (jeden nanometr odpowiada jednej bilionowej części metra). Podążając za Feynmanem, uznanym za ojca nanonauki, K. Eric Drexler w latach osiemdziesiątych XX w. obmyślał konstrukcję nanomaszyn wykonanych z pojedynczych atomów i zdolnych samodzielnie konstruować kolejne komponenty molekularne.

Nie mówimy już o miniaturowych statkach z jakimiś istotami w środku, krążącymi w ludzkim ciele jak w filmie *Interkosmos* (1987) Joego Dantego, ale o tym, że powstał całkiem nowy obszar nauki, która obejmuje również inne dyscypliny, takie jak biologia, chemia, fizyka oraz nauka o materii, czyli inżynieria. Ta nowa dziedzina dzisiaj ma ogromne znaczenie w takich gałęziach wiedzy, jak informatyka, komunikacja, mikroelektronika, a przede wszystkim biotechnologia i medycyna, zwłaszcza w tym, co jest związane z monitorowaniem, naprawą tkanek, kontrolowaniem ewolucji chorób, ulgą w bólu, profilaktyką zdrowia, dostarczaniem lekarstw do komórek itd. Dziś to wszystko jest już rzeczywistością: stosujemy nanocząsteczki w zakresie nowych technik

diagnostyki i obrazowania, „pojazdy" transportujące leki bezpośrednio do organu dotkniętego chorobą albo miniaturowe urządzenia naprawiające tkanki i uszkodzone organy. Leki, ukryte w kapsułkach – nanoposłańcach – charakteryzują się większą stabilnością, rozpuszczalnością i rozprowadzalnością w organizmie, mogą więc być bardziej skuteczne, można ich używać w mniejszych dawkach, ograniczać efekty uboczne i tym samym ulepszać nasze życie. Stosuje się je niezliczoną ilość razy w takich chorobach, jak rak, choroby neurodegeneracyjne, czyli takie, które uszkadzają neurony mózgu, choroby autoimmunologiczne, choroby układu krążenia i wielu innych.

Jest jeszcze bardzo dużo do zbadania, zanim nam się uda poznać wszystkie zakamarki tego nowego wymiaru: nanowymiaru.

Transhumaniści mówią, że dzięki technologii będziemy żyli dłużej, będziemy szczęśliwsi, będziemy korzystać z życia, i to lepszej jakości, i będziemy dysponować większą ilością osobistych umiejętności. Ta faza transhumanizmu osiągnie kulminację w tym, co nazywają oni posthumanizmem i co, być może, już nie będzie miało nic wspólnego z humanizmem. Na przykład możliwe jest, że stalibyśmy się bezcielesnymi inteligencjami w pendrive'ach USB, jak sztuczna inteligencja Siri czy ta, w której zakochuje się Theodore Twombly w filmie *Ona* (2013) w reżyserii Spike'a Jonze'a.

Wyobrażasz sobie, że wychodzisz ze swojego fizycznego ciała, żeby stać się profilem na Facebooku na resztę wieczności?

Idei transhumanistycznych broni stowarzyszenie Humanity+ (wcześniej znane jako Światowe Stowarzyszenie Transhumanistów), założone przez wiodących filozofów transhumanizmu – Nicka Bostroma i Davida Pearce'a.

Transhumanizm to nie entelechia. Obserwujemy już, jak ludzie poprawiają sobie ciało dzięki technologii. Neil Harbisson cierpi na chorobę, która nie pozwala mu rozróżniać kolorów (widzi tylko różne stopnie szarości). Mechanizm, który wychodzi z tylnej części jego głowy, rodzaj anteny, pomaga mu rozpoznawać barwy poprzez

wibracje; może nawet wychwytywać kolory niewidoczne dla pozostałych śmiertelników, jak ultrafiolet czy podczerwień.

Harbisson jest współzałożycielem Cyborg Foundation, której działanie polega właśnie na tym, by pomóc ludziom zamienić się w cyborgi.

Poza science fiction, jak T-800 w filmie *Terminator* czy replikanci w *Łowcy androidów*, cyborg (od „cybernetyczny" + „organizm") to stworzenie złożone z elementów organicznych i urządzeń cybernetycznych, przede wszystkim w celu ulepszenia naszych możliwości organicznych przez użycie technologii czy też odnowienia utraconych w organach i kończynach funkcji.

Biohaker Tim Cannon instaluje sobie pod skórą chipy i inne urządzenia elektroniczne. Są tacy, którzy mówią, że smartfon już stał się dodatkową częścią naszego organizmu i zmienia nas w cyborgi – co wcale nie jest znów takie dziwne, zważywszy, jak bardzo jesteśmy uzależnieni od tego urządzenia – tak jakby był jeszcze jednym organem naszego ciała! Są też tacy, którzy twierdzą, że już nimi jesteśmy od wielu dziesiątków lat, a więc od chwili wynalezienia czegoś takiego jak okulary!

To ma pewien sens: okulary czy soczewki to urządzenia techniczne, które nosimy na swoim ciele zupełnie otwarcie, uważając je już za tak powszednie, że wcale nie traktujemy ich jak coś niezwykłego. Zgodnie z definicją wydaje się, że nawet osoba, która ma wszczepiony rozrusznik serca, może być uznana za cyborga: nie mogłaby przecież bez niego żyć.

Pewnie już wszyscy jesteśmy cyborgami – w tym czy innym sensie.

BOHATEROWIE BEZ PELERYN: Brytyjczyk Kevin Warwick był prawdopodobnie najważniejszą postacią w rozwoju prawdziwej unii pomiędzy ludźmi i maszynami. W 1998 r. doprowadził do końca eksperyment „Cyborg 1.0",

wszczepiając sobie pod skórę chipa identyfikującego dzięki częstotliwości radiowej (RFID), za którego sprawą potrafił otwierać drzwi, zapalać światła i kontrolować całą domową automatykę za pomocą emitowanego sygnału.

Kolejnym eksperymentem, chyba jeszcze ważniejszym, był „Cyborg 2.0" z 2004 r., kiedy wszczepił sobie chipa do systemu nerwowego, dzięki czemu był w stanie łączyć się internetowo z Uniwersytetem Columbia (Nowy Jork, USA) i zdołał poruszać ramieniem za pomocą robota znajdującego się na Uniwersytecie w Reading (Wielka Brytania). Fascynujące jest to, że Warwick jest przekonany, iż jego urządzenie może nas komunikować ze sobą w sposób „telepatyczny" i dlatego, gdy również jego żona wszczepiła sobie podobny chip, było możliwe przeprowadzić pierwszą komunikację czysto elektroniczną pomiędzy dwoma ludzkimi systemami nerwowymi. Prawdopodobnie już wkrótce będziemy mogli nosić swoje telefony komórkowe i karty kredytowe ze sobą – pod skórą. I już nigdy, gdy udamy się na zakupy, nie zdarzy nam się ich zapomnieć.

Innym kluczowym pojęciem jest „osobliwość technologiczna". Propagowana przez inżyniera, a przy tym wielkiego wizjonera, Google'a Raya Kurzweila, opisuje technologię, która, jak widzimy, rozwija się coraz szybciej, w sposób wykładniczy. Nadejdzie czas, gdy technologia, a zwłaszcza sztuczna inteligencja, będzie doskonalić się tak bardzo, że przerośnie inteligencję ludzką. Najwięksi optymiści (żeby ich tak nazwać) są zdania, że może się to stać już w połowie XXI wieku. Możliwe, że maszyny przewyższą swoich twórców, a nawet w końcu ich zniszczą niczym jakieś szalone dziecko.

Dlatego wielu renomowanych naukowców – na przykład astrofizyk Stephen Hawking czy założyciel firmy Tesla Elon Musk – już zajęło stanowisko, domagając się, aby rozwój sztucznej inteligencji był jednak kontrolowany.

Niektóre krytyczne opinie na temat transhumanizmu i posthumanizmu mówią na przykład o tym, że ludzie straciliby wtedy swoje istotne cechy (niektóre zresztą dotychczas nierozwinięte) albo że ulepszenia w ludzkim ciele byłyby dostępne tylko dla bogatych, przez co

ludzkość stałaby się jeszcze bardziej podzielona: na tych, co mogą zapłacić za swoją ewolucję, i na tych, którzy nie są w stanie tego zrobić.

Byłoby podobnie jak w filmie *Elizjum* z 2013 roku, gdzie bogaci uciekają na wysoce rozwiniętego satelitę, pozostawiając na wyniszczonej wojną Ziemi tylko biedaków, którymi wobec braku zasobów materialnych są właściwie wszyscy – tak jak w filmie *Mad Max* z 1979 roku.

Krytyków takich poglądów często nazywa się biokonserwatystami, a reprezentują oni rozmaite ideologie.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Niektóre rzeczy przeciwstawiają się technicznej odrębności. Wykładniczy rozwój techniki zaczyna się tak zwanym prawem Moore'a. Zgodnie z tym prawem (empirycznym, opartym na obserwacji rzeczy, a nie ich nieubłagalności), ogłoszonym w 1965 r. przez Gordona Moore'a, współzałożyciela firmy Intel, liczba tranzystorów w układzie scalonym podwaja się co dwa lata, podczas gdy w tym samym czasie cena dwukrotnie spada. Widzimy to na przykładzie komputerów, których moc obliczeniowa jest teraz o wiele większa niż dwa lata temu, a jednocześnie są one o wiele tańsze. To wywołuje wykładnicze przyspieszenie techniki, które w ciągu niewielu lat zmieniło świat.

Zauważcie, z jaką szybkością pojawiły się: Internet, smartfon czy portale społecznościowe! Albo z jaką zawrotną prędkością rozwijają się takie koncepcje, jak Big Data, Internet rzeczy czy rzeczywistość wirtualna.

Niemniej sam Gordon Moore – między innymi – uprzedza, że przyspieszenie rozwoju techniki nie będzie trwało wiecznie. Jedną z przyczyn jest liczba tranzystorów, którą można zamontować w procesorze; tranzystory są coraz mniejsze, ale już niedługo nie będą mogły się dalej zmniejszać, ponieważ osiągną rozmiary atomu. Ta

zależność od rozmiaru powoduje liczne problemy. Po pierwsze – nic nie może być mniejsze niż atom (z wyjątkiem cząstek elementarnych), ponieważ wszystko jest złożone z atomów, a poza tym chipy się przegrzewają i powstają efekty kwantowe, które pogarszają ich funkcjonowanie. Być może w przyszłości powstanie komputer kwantowy, który wykorzysta dziwaczne właściwości świata subatomowego, aby działać w sposób tak odmienny, że nie możemy sobie nawet wyobrazić wszystkich użytych do tego aplikacji. Paul Allen, współzałożyciel firmy Microsoft, nazywa hamulcem złożoność trudności w postępie, ponieważ nauka i technologia są coraz bardziej zagmatwane. Na przykład wyzwanie dotyczące naśladowania ludzkiego mózgu za pomocą technologii elektronicznej jest maksymalnie skomplikowane.

Ale – jakby na to nie spojrzeć – ta sprawa przyprawia mnie o zawrót głowy.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Czy któregoś dnia staniemy się cyborgami?”.

Odpowiedzieliście:

Facebook:

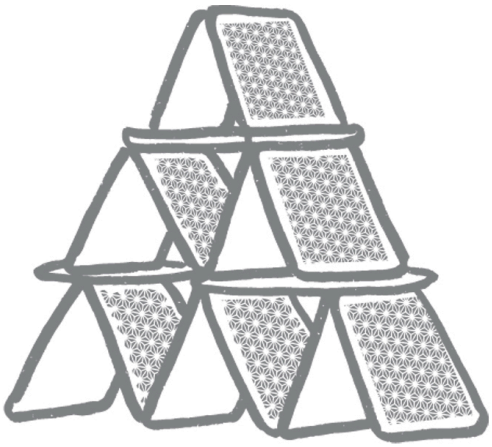
Diana Campos: Oj nie, co za lenistwo… tylko dlatego, żeby metal w bramkach bezpieczeństwa nie gwizdał, nie chcę nim być.

Luca Tonny: Sarah Connor odwołała *Dzień sądu*, więc nie będziemy cyborgami… ha, ha!

20

Jaką maksymalną wysokość może osiągnąć zamek z piasku?

Kiedy byłem mały, mieliśmy tylko dwa kanały telewizyjne, nie było Internetu ani Netflixa, ani gier wideo, ani komputerów, ani telefonów komórkowych. Mieliśmy za to dziesiątki przyjaciół, z którymi bawiliśmy się na ulicy, górę książek i trochę zabawek (prawie żadna nie była na baterie).



Kiedy przychodziła zima, niektóre wieczory spędzane w domu wydawały mi się wiecznością i żeby je jakoś przetrwać, budowałem zamki z kart. 14, 11, 8, 5, 2... Moje pierwsze postępy arytmetyczne, chociaż jeszcze wtedy nie wiedziałem, że to są właśnie one. Starałem się, żeby zamki były możliwie najwyższe, ale albo zostawałem bez kart, albo wszystko kończyło się tym, że przewracały się pod własnym ciężarem. To samo działo się na plaży, kiedy próbowałem budować zamki z piasku. Kiedy już osiągały pewną wysokość, rozsypywały się.

Słoniowi chłodzenie się zajmuje o wiele więcej czasu niż mniejszym zwierzętom, na przykład gryzoniom.

Wysokość zamku z piasku ma swoją granicę, po dojściu do której zamek musi się rozsypać.

Bąbelki z szampana unoszą się z coraz większą prędkością.

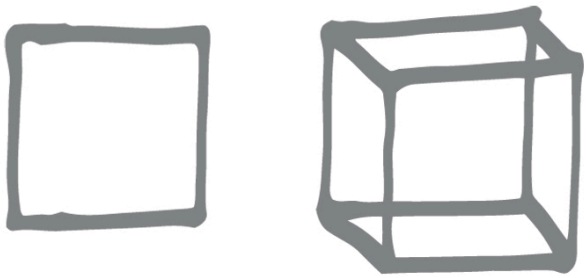
Olbrzymy nie mogą istnieć.

Tak rozmaite zjawiska, jak te, które wydają się nie mieć ze sobą nic wspólnego, kierują się tym samym prawem. To prawo skali, które twierdzi, że rozmiar jest oczywiście ważny – i to bardzo. To prawo ma związek z tym, jak rosną liczby, kiedy są podnoszone do kwadratu i do sześcianu.

Weźmy szereg liczb naturalnych: 1, 2, 3, 4, 5…

Teraz spójrzmy, jak wzrastają, podniesione do kwadratu: 1, 4, 9, 16, 25…

A teraz do sześcianu: 1, 8, 27, 64, 125…



Jak widać na tych przykładach, szereg podniesiony do kwadratu wzrasta szybciej niż szereg naturalny, a szereg podniesiony do sześcianu jeszcze szybciej. Można przyjąć jako przykład cyfrę pięć: w pierwszym szeregu jest to 5, w drugim 25, a w trzecim 125. To znaczy, że jeżeli mamy balon o promieniu 1 i pomnożymy jego rozmiar przez 5, powierzchnia wzrośnie 25 razy, a objętość 125 razy. Ten stosunek powierzchni i objętości jest podstawowy: dzięki niemu możemy zrozumieć wiele zjawisk natury.

Dlaczego tak się dzieje? Przyczyna jest geometryczna. Objętość ciała wzrasta do sześcianu, a powierzchnia – do kwadratu. To znaczy, że jeżeli ciało powiększa swój rozmiar, to jego objętość wzrasta o wiele bardziej (do sześcianu) niż jego powierzchnia (do kwadratu). Jeżeli nadmuchujemy balon, możemy to łatwo sprawdzić: zwiększa swoją objętość (powietrze, jakie zawiera) o wiele bardziej niż powierzchnię. Tego właśnie dotyczy prawo skali, sformułowane przez Galileusza w 1638 roku.

Teraz jednak przyjrzyjmy się kilku efektownym przykładom znaczenia tego prostego, intuicyjnego prawa w takich dziedzinach, jak fizyka, inżynieria czy biologia.

CIEKAWOSTKA POP: Kiedy pierwszy raz zobaczyłem wielki Mur, który strzeże Siedmiu Królestw (znowu siedem) Westeros przed Białymi Wędrowcami (*Gra o tron*), serce mi stanęło. Wspaniałe: 244 metry wysokości (Wielki Mur Chiński osiąga tylko 9 metrów) zbudowane z czystego lodu! Czy to możliwe, żeby ludzka istota mogła zbudować taki mur?

Na Antarktydzie, Grenlandii czy w Kanadzie istnieją pływające lodowce szelfowe, które czasem sięgają imponujących 30 metrów wysokości i mogą osiągnąć, jak w wypadku Lodowca Szelfowego Larsena, od 200 do 700 metrów grubości. Ale nawet one są dalekie od przekroczenia 2000 metrów wysokości. Jaka musi być grubość muru, który by wytrzymał własny ciężar?

Takie pytanie postawił sobie również fizyk Martin Truffer z Uniwersytetu Alaska Fairbanks, który dobrze wie, że lód ma naturalną skłonność do deformowania się, i oszacował, że potrzeba by było do tego podstawy czterdzieści razy szerszej niż wysokość muru, czyli szerokiej na około 8,5 kilometra! Nawet zakładając, że byłoby to możliwe, w tym wypadku nachylenie ściany byłoby tak niewielkie, że umożliwiałoby łatwą wspinaczkę. A Biali Wędrowcy (uwaga, nie chcę ci psuć zabawy) już

dotarliby do Winterfell bez potrzeby oswobodzenia z zamarzniętego jeziora jakiegokolwiek smoka.

Na przykład – czy moglibyśmy tak zwiększyć rozmiar człowieka, że zmieniłby się w olbrzyma? To raczej problematyczne, ponieważ siła zależy od poprzecznego przekroju mięśni, od tego, jak są grube, co skaluje się z kwadratem rozmiaru. Nasza masa, która zależy wprost proporcjonalnie od gęstości (powinna być taka sama, jeżeli chcemy nadal pozostać sobą) i objętości (niewątpliwie wzrasta do sześcianu, jeżeli stajemy się olbrzymami), wzrastałaby także do sześcianu. A im większa masa, tym większe byłyby nasz ciężar i siła, której musielibyśmy użyć, żeby go utrzymać.

Wniosek: olbrzym załamałby się pod własnym ciężarem, wraz z nieproporcjonalnie wielkim wzrostem wagi połamałyby mu się kości. Gdybyśmy powiększyli na przykład mrówkę, okazałoby się, że odnóża tej monstrualnej mrówki nie mogłyby utrzymać jej ciężaru. Godzilla lub King Kong – oglądani przez nas w kinie – również nie daliby rady.

Coś podobnego ogranicza wysokość zamków z piasku, które budujemy na plaży. Morskie ssaki, na przykład wieloryby, mogą osiągać wielkie rozmiary, ponieważ wsparcie ze strony ciśnienia wody sprawia, że waga jest mniej istotna. I przeciwnie: dzięki prawu skali małe zwierzęta, takie jak mrówki, mogą dźwigać własny bardzo wielki ciężar, a pchły mogą wykonywać ogromne skoki, ponieważ ich siła jest bardzo duża w stosunku do rozmiaru i wagi.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: To wszystko okazało się niezwykle interesujące dla pana nazwiskiem Hank Pym, doktora biochemii i eksperta w dziedzinie fizyki kwantowej, robotyki, sztucznej inteligencji i entomologii ze świata Marvela (tej entomologii superbohaterów, którzy są naukowcami, prawda?), jako że zdołał on zmniejszyć swoje rozmiary jako Człowiek Mrówka i zwiększyć je jako Człowiek Olbrzym. Co prawda

nigdy nie był jednym z moich ulubionych superbohaterów (chociaż jestem fanem mrówek), ale przypuszczam, że możliwość zmniejszenia swoich rozmiarów, komunikowania się z mrówkami, posiadania supersiły (przypuszczam, że dlatego, iż mrówki potrafią podnieść ciężar liczący pięćdziesiąt razy więcej niż ich waga) czy tego, że twoja narzeczona, Janet van Dyne, może być Osą, to nic złego. Co do Człowieka Olbrzyma – też, chociaż już zobaczyliśmy, że to niemożliwe, bo jest jasne, że siła twoich mięśni i kości wzrasta do sześcianu. Ale włączmy tu naszą wyobraźnię. Prawa rzeczywistego Wszechświata są inne niż prawa świata Marvela. Na szczęście dla nas.

Inna sprzeczność biologiczna ma związek z rozmiarami zwierząt i ich potrzebami energetycznymi. Na przykład stosunek skóry (czyli powierzchni) słonia, przez którą traci energię w postaci ciepła, do jego rozmiarów pozwala mu się ochładzać o wiele wolniej, niż ochładza się na przykład mały gryzoń, a ponadto słoń może się też rzadziej odżywiać. To dlatego, że w stosunku do swojej objętości mysz ma większą powierzchnię niż słoń – chociaż wydaje się to paradoksalne. Mysz traci więcej energii przez skórę i potrzebuje więcej paliwa, żeby utrzymać funkcjonowanie organizmu. Z tego powodu morskie ssaki (jak wieloryby) są takie wielkie. Gdyby były mniejsze, traciłyby bardzo dużo energii przez skórę w kontakcie z otaczającą je zimną wodą.

Kiedy obserwujemy kieliszek z szampanem, widzimy, że bąbelki tworzą się wewnątrz szkła i podnoszą się w kierunku powierzchni z dużą prędkością. Ruch bąbelków i siła wyporu zależy od objętości i dlatego wzrasta do sześcianu w zależności od sześcianu promienia. Przekrój bąbelka to kółko, którego wielkość zależna jest od kwadratu promienia. Podczas wędrówki na powierzchnię bąbelek rośnie, gromadząc cząsteczki gazu CO_2, które go tworzą. Bąbelki unoszą się coraz szybciej, ponieważ powiększając swoją objętość, zyskują coraz większą siłę wyporu. Opór, z jakim ten złocisty płyn przeciwstawia się ruchowi bąbelków, starając się go hamować, zależy z kolei od poprzecznego przekroju każdego bąbelka, który wzrasta do kwadratu. Zatem chociaż opór wobec ruchu rośnie, jeszcze bardziej wzrasta siła,

która pcha bąbelki w górę: logiczną konsekwencją jest, że bąbelek przyspiesza, aż zdoła pęknąć i rozpuścić się w powietrzu.

Ostatnia rada, którą daje nam na YouTubie mój przyjaciel Javier Santaolalla, fizyk, inżynier, a ponadto naukowiec gaduła: kiedy mamy zamiar kupić ziemniaki w supermarkecie, musimy zawsze wybierać największe. Dzięki stosunkowi ich objętości (czyli tego, co jemy) do powierzchni (skórka) lepiej kupować te największe. Stracimy wtedy mniej czasu i energii na ich obieranie i zrobimy kartoflaną tortillę w o wiele bardziej naukowy i skuteczny sposób.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Jaka jest granica wysokości zamku z piasku?".

Odpowiedzieliście:

Twitter:

@Snickers201: Wysokość zależy od rodzaju zamku, czy jest wypełniony jak budyń, czy próżny jak barcelońska Sagrada Família.

Instagram:

molocho8: Wysokość zamku z piasku jest proporcjonalna do tempa twojej pracy i czasu, w jakim dziecko albo fala morska go niszczy :\

21

Jak należy klasyfikować domniemane cywilizacje istniejące w Drodze Mlecznej?

W jednym z poprzednich rozdziałów zobaczyliśmy równanie Drake'a, podające przypuszczalną liczbę rozwiniętych cywilizacji, które mogą znajdować się w obrębie naszej galaktyki, czyli Drogi Mlecznej, a teraz zrobimy kolejny krok naprzód i zastanowimy się, jak powinniśmy klasyfikować te cywilizacje.

Już w 1964 roku myślał o tym rosyjski astrofizyk Nikołaj Kardaszow, tworząc tak zwaną skalę Kardaszowa: jako kryterium tej klasyfikacji przyjął on ilość energii, jaką dana cywilizacja jest w stanie zużytkować.

Według tej skali istniałyby trzy typy cywilizacji:

Typ I: Te, które zużywają tyle energii, ile mają zasobów energetycznych na swojej planecie.

Typ II: Te, które zużywają tyle energii, ile jest zasobów energetycznych w ich systemie planetarnym.

Typ III: Te, które zużywają tyle energii, ile jest zasobów energetycznych w ich galaktyce.

Można stwierdzić, że Kardaszow był człowiekiem o ogromnej wyobraźni, co oczywiście jest dla naukowca bardzo przydatne. Czy zdajesz sobie też sprawę, że skromna ludzka cywilizacja nie osiąga nawet typu I (teraz, w 2017 r., jesteśmy na poziomie 0,72... można by to

nazwać typem 0), gdyż dotychczas nie zużywa całej energii, jaką mogą dać zasoby energetyczne, które nam ofiarowuje nasza planeta. Oczywiste jest, że cywilizacje typu II i III wymagają wydostania się poza swoją planetę i kolonizowania okolicznej przestrzeni kosmicznej – czegoś, czego my jeszcze długo nie będziemy mogli zrobić.

Dlaczego Kardaszow uparł się przy ilości zużywanej energii, żeby zbudować swoją klasyfikację, a nie oparł się na innych czynnikach? Otóż dlatego, że opanowanie energii jest wiarygodnym dowodem technicznego poziomu jakiejś cywilizacji.

Spekulowano, że ludzkość mogłaby osiągnąć typ I w ciągu jednego, dwóch stuleci, typ II w ciągu tysięcy lat, natomiast typ III od stu tysięcy do miliona lat; chociaż, jak już widzimy w równaniu Drake'a, przewiduje się też, że rozwinięta cywilizacja sama siebie zniszczy, zanim nadejdzie wspomniany czas…

Jakie są źródła energii właściwe dla każdej z tych cywilizacji?

Te w cywilizacjach typu I mogą nam być znane: to popularne odnawialne źródła energii i paliwa kopalne (te pewnego dnia się wyczerpią), a poza tym inne, jakie należy dopiero upowszechnić, na przykład energia, której źródłem jest kontrolowana synteza termojądrowa, czego, jak dotąd, naukowcy nie zdołali przeprowadzić na Ziemi i co ma być podobne do reakcji nuklearnych wytwarzających energię Słońca. Taka energia ma łączyć atomy w czysty sposób, zamiast je rozszczepiać, jak to się teraz robi w elektrowniach atomowych, z wszystkimi złymi tego konsekwencjami.

Poza tym moglibyśmy jako paliwa używać wody i wtedy mielibyśmy paliwa aż nadto.

CIEKAWOSTKA POP: Niewątpliwie nie jest to najlepszy film rodzeństwa Wachowskich, odpowiedzialnych za *Matrix* (1999), ale scenariusz *Jupiter: Intronizacja* (2015) przynajmniej wychodzi od intrygującego pomysłu: życie na Ziemi i na innych planetach zostało przejęte przez jakąś rodzinę

obcych, którzy używają nas po prostu jako surowca do produkcji pewnego rodzaju surowicy, pozwalającej im żyć wiecznie, kiedy już osiągną „darwinowski stan doskonałości". Warto przytoczyć jako ciekawostkę, że wiele scen do tego filmu kręcono w pobliżu Muzeum Guggenheima w Bilbao, co jest całkiem logiczne.

Cywilizacje typu II mogłyby stosować metody używane na Ziemi także na innych planetach Układu Słonecznego. Albo, idąc dalej, mogłyby rozwijać sposoby pozyskiwania energii, jakich sobie nie potrafimy wyobrazić, i inne, jakie już sobie wyobraziliśmy. Jednym z wizjonerskich modeli jest sfera Dysona, nazwana tak na cześć Freemana Dysona, naukowca, który nakreślił jej koncepcję w 1960 roku. Chodzi o wielką sferę, która otacza sobą gwiazdę i wychwytuje energię emitowaną przez tę gwiazdę. Na przykład za pomocą sfery Dysona moglibyśmy chwytać całą energię wysyłaną przez Słońce na wszystkie strony, a nie tylko tę niewielką część, jaką otrzymujemy na Ziemi. Aczkolwiek, jak możesz sobie wyobrazić, zbudowanie tak gigantycznej konstrukcji jak sfera Dysona raczej nie wydaje się łatwym zadaniem.

Oczywiście pojawia się ona w niektórych powieściach fantastycznych, w grach wideo i komiksach Marvela.

Pewne jest, że sfera Dysona nie byłaby pełną kulą, jak na przykład kula ziemska, bo nie wytrzymałaby ogromnych ciśnień i byłaby niestabilna, a nawet więcej – giętka. Na przykład mogłaby być rojem zbierających promieniowanie satelitów, które nie pozwalają uciec ani odrobinie tej energii. Prostsza forma to pierścień Dysona – coś jak jeden z pierścieni Saturna, ale uformowany z satelitów zbierających energię.

Kiedy Dyson przedstawił swój pomysł, zachęcił astronomów, żeby szukali promieniowania emitowanego w kosmos jako ewentualnego sposobu szukania wysoko rozwiniętych cywilizacji pozaziemskich (gwiazda ze sferą Dysona nie byłaby widoczna bezpośrednio, ale emitowałaby promieniowanie podczerwone z powodu swojej temperatury: to właśnie byśmy zobaczyli).

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Od 2015 r. niektórzy naukowcy starają się wyjaśnić dziwne zmiany w emisji pewnej gwiazdy, zwanej Boyajian albo KIC 8462852, znajdującej się w gwiazdozbiorze Łabędzia w galaktyce Drogi Mlecznej. Chociaż prawdopodobieństwo jest niewielkie i obecnie szuka się innych wyjaśnień, sądzono, że wokół tej gwiazdy może się znajdować sfera Dysona. Dlatego też nazwano ją „najbardziej tajemniczą gwiazdą Wszechświata".

Fascynujące.

Wreszcie cywilizacja typu III, która wykorzystuje energię z całej galaktyki, byłaby podobna do galaktycznych imperiów pojawiających się w utworach science fiction, takich jak Imperium Galaktyczne z *Gwiezdnych wojen* czy borgi ze *Star Treka*.

Jakich źródeł energii miałyby używać? No, na przykład supermasywnych czarnych dziur, kwazarów czy błysków gamma, a więc tylko niektórych z najbardziej energetycznych zjawisk we Wszechświecie.

Według fizyka i wizjonera Michio Kaku któraś z tych cywilizacji byłaby w stanie nawet otwierać tunele czasoprzestrzenne czy bramy do innych wszechświatów. Cywilizacja typu III w innej galaktyce również mogłaby zostać zauważona z naszej planety, a także mogłaby być tropiona przez jakieś grupy śledcze, jednak bez sukcesu: wszystko wskazuje na to, że takich cywilizacji nie ma w „okolicach" naszej planety.

Kwazary to obiekty, które powstają, kiedy supermasywna czarna dziura (*Supermassive Black Hole*, jak tytuł jednej z najsłynniejszych piosenek grupy Muse – mojej ulubionej), znajdująca się w centrum galaktyki, zaczyna przyciągać całą materię, jaką napotka w pobliżu. Nie znamy jeszcze wszystkich szczegółów tego procesu, ale kiedy to się dzieje, na skutek ogromnej prędkości rotacji i temperatury uformowanego dysku akrecyjnego powstaje gigantyczna ilość energii,

która uwalnia się w postaci fal radiowych, światła, podczerwieni, ultrafioletu i promieni X.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Nigdy nie widziałem tunelu czasoprzestrzennego i nawet nie dowiedziono, czy coś takiego w ogóle istnieje, ale Einstein i Rosen wierzyli w istnienie tuneli czy skrótów (mostów Einsteina-Rosena), które łączyłyby bardzo odległe od siebie dwa punkty czasoprzestrzeni czy dwóch równoległych wszechświatów, żeby szybciej dotrzeć do celu, gdybyśmy musieli podróżować z jednego do drugiego z prędkością światła. Funkcjonowałby tak samo jak robaczek, który przebija się przez wnętrze jabłka, żeby w końcu wyjść z drugiej strony, nie okrążając jabłka z zewnątrz. Rzeczywiste czy nie, tunele czasoprzestrzenne dają mnóstwo radości twórcom science fiction i jestem pewien, że fani *Star Treka* są zachwyceni ich istnieniem.

Dla Kaku najtrudniejsza jest chwila obecna, ta, w której przechodzimy od cywilizacji typu 0 do typu I, ponieważ ciągle jeszcze nasza umysłowość jest dosyć dzika i fanatyczna, namiętna i sekciarska, na dodatek dostępna jej jest groźna broń chemiczna, biologiczna czy jądrowa. Dla tej umysłowości nawet terroryzm jest reakcją przeciwko tworzeniu cywilizacji typu I.

Na szczęście Kaku myśli też, że cywilizacje innych planet są tolerancyjne, chcą współpracować i są wysoko rozwinięte, i że już dawno mają za sobą wymienione wcześniej problemy i działania. I że dążymy właśnie do takiego scenariusza (może jest jednak zbyt wielkim optymistą), czego przykładem jest Internet, Unia Europejska, globalna muzyka pop czy język angielski jako język planetarny. Kiedy już dojdziemy do tego stadium, kiedy nasza cywilizacja osiągnie typ I, zdaniem tego fizyka staniemy się praktycznie niezniszczalni.

Teraz wystarczyłoby mi tylko, żebyśmy zaczęli dbać o naszą planetę i nauczyli się słuchać siebie nawzajem, tolerować...

...i przyzwoicie się zachowywać.

22
Co ma wspólnego benzyna bezołowiowa z wiekiem Ziemi?

Już od jakiegoś czasu benzyna, jakiej używamy jako paliwa do naszych aut, nie zawiera ołowiu, a to ze względu na nasze zdrowie i środowisko naturalne.

Historia dojścia do tego ulepszenia łączy się z losami naukowca, który jako pierwszy wiarygodnie obliczył wiek Ziemi (dokładniej niż opowieści biblijne i inne) i którego badania doprowadziły do wojny z firmami naftowymi. Jego nazwisko to Clair C. Patterson.

Patterson urodził się w stanie Iowa w Stanach Zjednoczonych w 1922 roku i poświęcił się nauce w dziedzinie geochemii. Jego wielki projekt badawczy to próba naukowego obliczenia wieku naszej planety, a metoda, jaką zastosował, to pomiary izotopów ołowiu w skałach wulkanicznych.

Według zasad fizyki jądrowej pierwiastki radioaktywne ulegają powolnej transformacji, by przekształcić się w inne, będąc przy tym źródłem naturalnej radioaktywności Ziemi, aż w końcu stają się nieradioaktywne, podobnie jak ołów, i nie ulegają już dalszemu rozpadowi. Ołów w pewien sposób znajduje się na końcu łańcucha rozpadu radioaktywnego.

Uran jest jednym z ciężkich pierwiastków radioaktywnych na tablicy Mendelejewa, i ulega transformacji, aż stanie się ołowiem. Znając stopień radioaktywności uranu oraz ilość uranu i ołowiu w każdej skale,

można obliczyć czas, jaki upłynął od chwili powstania tych skał, czyli obliczyć wiek planety. Taki był mądry plan Pattersona.

Okazało się, że Ziemia liczy sobie mniej więcej cztery i pół miliarda lat.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: W XVII w. irlandzki arcybiskup James Ussher obliczył, używając do tego informacji o osobach z kolejnych pokoleń, które pojawiają się na kartach Biblii, że Ziemia powstała w niedzielę, 22 października 4004 r. p.n.e.

Mimo dokładności daty (włącznie z dniem tygodnia) grubo się pomylił: to nie były 4 tysiące, tylko 4,5 miliarda lat.

Ale wróćmy do geochemika Pattersona. W trakcie badań odkrył on coś bardzo niepokojącego: poziom ołowiu w atmosferze był rzeczywiście wyjątkowo wysoki, przede wszystkim w porównaniu z próbkami pochodzącymi z dna morskiego czy z lodów Grenlandii i Antarktydy, które dawały pojęcie o obecności tego metalu w różnych epokach, nawet bardzo odległych. W jego czasach ilość tego metalu wzrosła setki razy. Prawdę mówiąc, stało się to problemem w jego badaniach, ponieważ był zmuszony do prowadzenia ich w laboratoriach kompletnie odizolowanych od otoczenia i wolnych od tego pierwiastka, całkowicie bez zanieczyszczeń, po to, żeby ołów znajdujący się w powietrzu nie wpływał na jego obliczenia i nie zaburzał ich wyników.

Wtedy właśnie rozpoczęła się walka Pattersona z wielkimi i potężnymi firmami naftowymi, ponieważ…

Jaka była przyczyna tak wielkiej ilości ołowiu w powietrzu?

Ten nadmiar pochodził przede wszystkim z czteroetylku ołowiu (tetraetyloołów), którego używano jako zapalnika benzyny w samochodach i który po spaleniu wydobywał się na zewnątrz przez rury wydechowe. Patterson opublikował te informacje w 1965 roku

w artykule *Contaminated and Natural Lead Environments of Man*, w którym podkreślił wpływ ołowiu na środowisko naturalne i łańcuch pokarmowy.

Ołów, metal toksyczny, gromadzi się w organizmie człowieka (w takich organach, jak mózg, wątroba, nerki, kości czy zęby) i jest wyjątkowo niebezpieczny dla małych dzieci, ponieważ może szkodliwie wpłynąć na rozwój mózgu, poza tym może powodować anemię, nadciśnienie, dysfunkcję nerek, immunotoksyczność i toksyczność rozrodczą. Skutki tych chorób mogą być nieodwracalne, a nawet śmiertelne. Nic więc dziwnego, że niektórzy z robotników pracujących w zetknięciu z ołowiem dostawali ataków szału. Utrzymuje się nawet – jak twierdzi profesor Jerome Nriagu (z Narodowego Instytutu Badań Wodnych w Kanadzie) – że ołów miał wpływ na dzieje starożytnego Rzymu, w którym powszechnie stosowano ten metal: ważne osobistości piły wino z pucharów wykonanych z tego metalu i dlatego najczęstszą chorobą w tej epoce była podagra (i epilepsja). Wpływ ołowiu na umysłowość rzymskiej arystokracji – według tego niezwykłego badacza – mógł stanowić klucz do upadku Cesarstwa Rzymskiego.

Podczas wojny z koncernami naftowymi Patterson został zdyskredytowany i grożono mu podważeniem jego zasłużonego prestiżu naukowca. Przestał otrzymywać dofinansowanie na swoje badania, a na słynne centrum badań Caltech w Pasadenie w Kalifornii naciskano, żeby zrezygnowało z jego usług.

Jak to zwykle bywa w takich kwestiach jak zmiany klimatyczne czy negatywne skutki palenia tytoniu, przemysł zakontraktował naukowców za pieniądze (na przykład Roberta Kehoe), niemoralnych ludzi, którzy mieli fałszywymi danymi odpierać tezy Pattersona. Mówili, że ołów w takim stężeniu nie stanowi żadnego zagrożenia dla zdrowia publicznego. Naukowiec okazał się jednak uparty i pod koniec 1973 roku amerykańska Agencja Ochrony Środowiska w końcu zaakceptowała jego prace. Zatwierdzono prawo do czystego powietrza i odtąd firmy musiały stopniowo redukować ilość ołowiu w paliwie aż do jego całkowitego usunięcia. Patterson w 1973 roku został nagrodzony, a w 1987 roku przyjęty do Narodowej Akademii Nauk Stanów Zjednoczonych.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Ekipa z Uniwersytetu Harvarda i Instytutu Wyss zaprojektowała sztuczny liść, posługując się bakterią zwaną *Ralstonia eutropha*, żeby wykazać, że światło słoneczne rozkłada wodę na wodór i tlen, i zmienić dwutlenek węgla w płynne paliwo – izopropanol.

Teraz ich ambitnym celem jest uzyskanie 5% skuteczności (naturalna skuteczność fotosyntezy dokonywanej przez rośliny, aby zmienić światło słoneczne na biomasę wynosi zaledwie 1%). Najlepsze, że można to robić w każdym miejscu. System jest prosty w użyciu, a poza tym stosowane katalizatory są tanie i łatwo dostępne. Gorsze jest to, że nie wyobrażam sobie, żeby poparły to firmy naftowe...

W końcu – z czego świetnie zdawał sobie sprawę Patterson – co im da wiedza, jak można produkować energię, jaka ona będzie i czy zaszkodzi naszej planecie, ważne jest, by oni zachowali swoje profity.

Stopniowa likwidacja ołowiu w benzynie spowodowała, że obecność tego pierwiastka we krwi ludzi zdecydowanie spadła i umocniła obecne naukowe przekonanie, zgodnie z którym ołów w każdym stężeniu, nawet minimalnym, jest trujący. Ostatecznie było to zwycięstwo nauki dzięki badaniom, które początkowo dotyczyły czegoś innego.

W dodatku wszyscy na tym skorzystaliśmy. Przedłożono zdrowie obywateli nad korzyści firm. A wszystko to dzięki Clair C. Pattersonowi, geochemikowi z Mitchellville w Iowa. Historia Pattersona, prawdziwego „bohatera bez peleryny", która stanowi przykład odpowiedzialności społecznej i stanowczości naukowej, została ukazana w serialu *Kosmos* Neila deGrasse Tysona, a także w książce *Krótka historia prawie wszystkiego* (2003) pióra Billa Brysona.

Patterson zmarł na atak astmy w 1995 roku. Jego imieniem nazwano jedną z planetoid.

23
Dlaczego Księżyc nas porzuca?

Piękna Selene, jak starożytni Grecy nazwali Księżyc, towarzyszy nam prawie każdej nocy (w mniejszym lub większym stopniu, bo czasem całkiem się ukrywa) od początku istnienia.

Księżyc był obiektem marzeń poetów, tematem romantycznych sonat, jednak oskarżano go też o to, że niektórych prowadzi do szaleństwa (konkretnie chodzi o lunatyków), czy o to, że ludzie przez niego zmieniają się w wilkołaki, jak mówi niejedna ludowa tradycja… a także wideoklip *Thriller* Michaela Jacksona (który, przynajmniej w czasie, gdy powstał, w 1982 r., budził prawdziwy strach). Mawiało się, że na Księżycu mieszkają smoki albo że przedstawia on bóstwa, jak choćby wymienioną już Selene, która rozpoczynała swoją nocną wędrówkę, kiedy jej brat Helios (Słońce) kończył swoją.

Mniej fantastyczna, a bardziej związana z Ziemią nauka może również opowiedzieć wiele zdumiewających rzeczy o Księżycu i związanych z nim strasznych wypadkach. Jak powiedział poetom Richard Feynman, genialny laureat Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki: „Nauka nie kradnie światu piękna – wprost przeciwnie, nadaje mu piękno".

Według badań naukowych księżycowych skał Księżyc powstał jakieś 4,5 miliarda lat temu wskutek potężnego zderzenia z Ziemią planety o nazwie Teja. Mówimy tu o tak zwanym Wielkim Zderzeniu (w mitologii greckiej Teja była matką Selene).

Ale czym była Teja? Otóż była to planeta utworzona w punkcie Lagrange'a, czyli w punkcie, w którym pola grawitacyjne Słońca i Ziemi równoważą się.

Teja rosła w taki sposób (aż osiągnęła wielkość zbliżoną do Marsa), że wyszła z punktu Lagrange'a, weszła na chaotyczną orbitę i w końcu spadła na Ziemię z prędkością 40 000 km/h. To uderzenie całkowicie roztopiło naszą planetę i zniszczyło Teję, która na zawsze połączyła się z Ziemią. Fragmenty stopionej materii wraz z częścią płaszcza Ziemi wydostały się w przestrzeń kosmiczną, żeby następnie znowu się połączyć w postaci satelity.

Dowodem naukowym potwierdzającym ten pogląd są skały księżycowe zebrane podczas misji Apollo: materiał z Księżyca dowodzi istnienia tam wielkiej liczby izotopów tlenu, takich samych jak na Ziemi – zatem obie planety są zbudowane z tej samej materii.

Po Wielkim Zderzeniu długość dnia ziemskiego wynosiła zaledwie pięć godzin, a Księżyc znajdował się od nas w odległości zaledwie 20 000 kilometrów, czyli 20 razy bliżej niż obecnie. Wyobraź sobie przypływy i odpływy, które powstały później, kiedy tworzyły się oceany, czy światło, jakie padało na naszą planetę podczas pełni Księżyca! Aczkolwiek i ta teoria ma nadal swoje zagadki, które muszą znaleźć rozwiązanie.

Kolejne hipotezy rozpatrują pogląd, według którego Ziemia i Księżyc powstały jednocześnie lub że już istniejący Księżyc został schwytany przez pole grawitacyjne Ziemi…

No, to jest raczej mało prawdopodobne.

Od tego czasu Księżyc stale się oddala (teraz znajduje się średnio o 393 500 kilometrów od nas). I nie dlatego, żeby miał do nas jakąś pretensję (a mógłby!), ale ponieważ tarcie powierzchni ziemskiej z oceanami staje się stopniowo coraz powolniejsze. Zakładając, że – jak to ustalił Newton w swoim trzecim prawie – każde działanie ma swoje przeciwdziałanie, takie samo i przeciwne, i Ziemia, i Księżyc są grawitacyjnie związane, to w miarę jak Ziemia zwalnia, Księżyc przyspiesza. A kiedy coś, co znajduje się na orbicie, przyspiesza, przyspieszenie wypycha to na zewnątrz, co łatwo możesz sprawdzić, znajdując się na zewnętrznej granicy karuzeli. Dlatego się oddala, ale nigdy nas nie opuści. W chwili, w której Ziemia będzie się obracać z taką samą prędkością jak Księżyc, nastąpi równowaga i Księżyc pozostanie z nami. A jeśli tak się nie stanie, bądźmy spokojni. Zanim

ewentualnie do tego dojdzie, za miliony lat, Słońce, zmienione w czerwonego olbrzyma, połknie zarówno Ziemię, jak i Księżyc.

BOHATEROWIE BEZ PELERYN: Według badań uniwersytetów Harvarda i Oksfordu wszystko jedno, czy Ziemię zniszczy asteroida, czy błysk gamma. My wszyscy i tak wówczas zginiemy, natomiast niesporczaki nie.

Te mikroskopijne stworzenia, wielkości niespełna pół milimetra, są formą życia najbardziej wytrzymałą na całej planecie i, jeśli masz cierpliwość (i mikroskop), możesz je znaleźć na powierzchni wody pokrytej mchem i paprociami, a także w morzach i rzekach (jeżeli uczysz biologii i cieszysz się życzliwością otoczenia, będziesz miał powód, żeby wyjść ze swoimi uczniami na powietrze).

Niewiarygodne jest to, że owo stworzenie może przeżyć 30 lat bez jedzenia i bez wody, że jest odporne na najbardziej ekstremalne warunki (od niemal zera absolutnego do 150°C), wytrzymuje ciśnienie 6 tysięcy razy wyższe od atmosferycznego, potrafi poprawiać swoje DNA, ograniczyć zawartość wody i przeżyć w próżni kosmicznej. Jedna z jego protein w połączeniu z DNA człowieka likwiduje 40% uszkodzeń spowodowanych przez promienie X w naszym komórkowym DNA.

Niedźwiedzie wodne (bo tak też zwie się niesporczaki) to prawdziwi superbohaterowie.

W każdym razie Księżyc jest tam, nad nami (lub pod nami), każdej nocy. Nasz naturalny satelita o średnicy 3500 kilometrów jest piątym co do wielkości satelitą w Układzie Słonecznym, ale największym w porównaniu ze swoją planetą (jeżeli wyłączyć stosunek mas pomiędzy Plutonem i Charonem, ale Plutonowi w 2006 r. odebrano status planety). Przy jednej czwartej promienia Ziemi (jak stosunek piłki tenisowej do piłki do siatkówki) i masie 81 razy mniejszej jedną

z najciekawszych charakterystycznych cech Księżyca jest to, że obraca się wokół własnej osi praktycznie w tym samym czasie, w jakim wykonuje obrót dookoła Ziemi. Właśnie dlatego zawsze widzimy tylko jedną stronę Księżyca, podczas gdy ta druga, tajemnicza, zawsze pozostaje przed nami ukryta: słynna ukryta twarz Księżyca!

Księżyc jest ponadto jedynym ciałem niebieskim, którego dotknęła ludzka stopa – oprócz samej Ziemi.

Stało się to 21 lipca 1969 roku, kiedy misja Apollo 11 wylądowała na Księżycu (jak tego chciał prezydent J.F. Kennedy): astronauta Neil Armstrong postawił stopę na powierzchni satelity i wygłosił słynne zdanie: „To mały krok dla człowieka, ale wielki skok dla ludzkości" (później dowiedzieliśmy się, że po prostu przekazał zdanie przygotowane wcześniej na przylądku Canaveral). Siła przyciągania na Księżycu jest mniejsza, dlatego ktoś ważący na Ziemi 90 kilogramów na Księżycu waży najwyżej 16 kilogramów (ale podróż na Księżyc nie „odchudza": twoje zbędne kilogramy pozostaną takie same, tyle że słabiej przyciągane). Jedna z baz śledzenia satelitów NASA, z której współkoordynowano tamtą misję, znajdowała się w podmadryckim mieście Robledo de Chavela, i właśnie tam dotarły słynne słowa astronauty. W tym samym miejscu nadal działa stacja połączeń z głęboką przestrzenią kosmiczną.

Podczas misji księżycowych astronauci gromadzili dane, skały, poza tym umieścili na powierzchni Księżyca lustra (dowód, że człowiek był tam naprawdę).

Teraz używa się ich do odbijania promieni laserowych z Ziemi i orientowania się, w jakiej odległości od nas znajduje się Księżyc w każdej dowolnej chwili, dzięki obliczeniom czasu potrzebnego do tego, żeby promień tam dotarł i powrócił; rezultaty są bardzo dokładne. Okazało się przy tym, że Księżyc oddala się od Ziemi o 3,8 centymetra rocznie.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Setki lat przed wynalezieniem lasera Grek Hipparchos (ur. w Nikei ok. 190 r. p.n.e.–zm. 120 r. p.n.e.) obliczył odległość Ziemi od Księżyca, opierając się na danych dotyczących promienia Ziemi, obliczonego sto lat wcześniej przez Eratostenesa za pomocą słupa, co już wyjaśnialiśmy.

Hipparchos posłużył się cieniem Ziemi na Księżycu podczas zaćmienia Księżyca, a pomylił się raptem o... 10%!

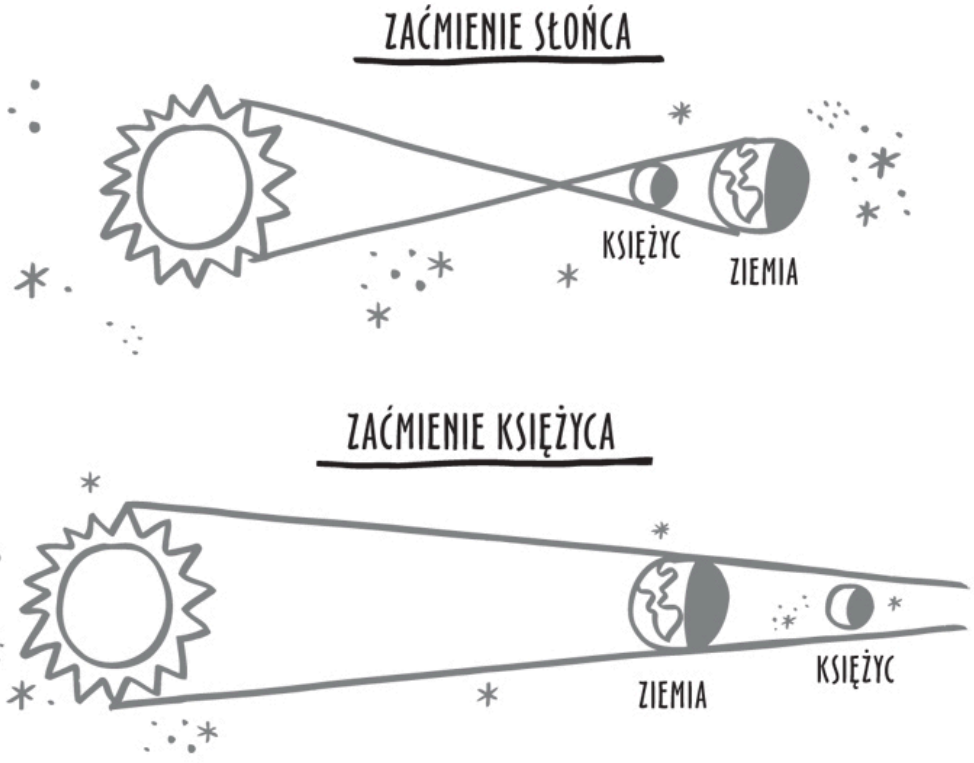
Na Księżycu nie ma atmosfery, zatem światło się nie rozprasza i nie nadaje niebu niebieskiego koloru (o czym mówiliśmy w rozdziale 16), zatem niebo jest tam czarne, a Słońce białe. Kiedy dzień przechodzi w noc, nie ma zachodu słońca ani niczego podobnego; wszystko następuje bardzo dramatycznie, jakby dzień oddzielała od nocy jakaś nielitościwa kreska. Ponadto z powodu braku atmosfery na Księżycu może istnieć ogromna liczba kraterów, które da się zobaczyć nawet z Ziemi; na Ziemi obiekty niebiańskie, które spadają na jej powierzchnię, spalają się przy wejściu w atmosferę, podczas gdy na Księżycu spadają jak ołów, potężnie uderzając o powierzchnię. Na przykład w 2013 roku głaz ważący 40 kilogramów spadł z oszałamiającą prędkością 90 000 km/h, a wybuch był równy eksplozji pięciu ton trotylu.

Fazy Księżyca, następujące po sobie co 29,5 dnia, są wynikiem stosunku położenia Słońca, Ziemi i Księżyca. Poza tym Księżyc wpływa bezpośrednio na nasze życie, chociaż nie tak, jak to nam przekazują horoskopy (zresztą interesujące i nawet cenne, bo potrafią przełamać pierwsze lody podczas rozmów... jednak bez żadnych podstaw naukowych!), ale przyciągając wielkie masy wód oceanów – wraz ze Słońcem – powodują przypływy i odpływy.

Być może jednak najcudowniejszą właściwością Księżyca jest to, że pozwala na zaćmienia Słońca, które możemy oglądać. Kiedy dochodzi do takiego zaćmienia, zazwyczaj nie myśli się o tym, że wówczas

rozmiary Księżyca i Słońca wydają się niemal idealnie takie same. To jest przypadkowy zbieg okoliczności, jednak Księżyc ma akurat taką wielkość i znajduje się akurat w takiej odległości (o 30 średnic Ziemi), żeby widziany z Ziemi był dokładnie tej wielkości co Słońce, kiedy ich drogi się przecinają. Gdyby wydawał się większy, zasłaniałby Słońce całkowicie, a gdyby wydawał mniejszy, wyglądałby jak czarne kółko przebiegające po Słońcu; tymczasem pasują do siebie doskonale, pozwalając przy tym na oglądanie zewnętrznej części naszej gwiazdy: korony słonecznej.

Tak, to prawdziwie kosmiczny przypadek!



Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Co by było, gdybyśmy nie mieli Księżyca?”.

Odpowiedzieliście:

Instagram:
wesolyRomek: Morze byśmy mieli może.
AdaRzeznia: Nie byłoby obrazka księżyca w WhatsAppie…

Facebook:
Peter Thoma: To byk nie byłby zakochany.
Juan Contreras: Nigdy już nie zobaczylibyśmy wilkołaka.

24
Jakiego koloru jest lustro?

Ja, który czułem lęk przed zwierciadłami,
Nie tylko wobec niedościgłej szyby,
Gdzie się zaczyna i kończy wyzwaniem
Bezludna przestrzeń odbicia na niby,
(...)
Bóg stworzył noce zbrojne w sen i wszelkie
Kształty zwierciadeł, gdzie gości odbicie,
By człowiek próżny, jak bardzo jest niczym,
Poznał nareszcie. I żył w trwodze wielkiej.

Jorge Luis Borges,
LUSTRA[3]

Lustra zawsze fascynowały ludzi, zresztą z rozmaitych powodów.

Zwróć uwagę: w bardzo dawnych czasach, kiedy luster nie było, nikt nie miał pojęcia, jak wygląda jego własna twarz; można było zobaczyć tylko swoje ruchome i ulotne odbicie w rzece. Wyobrażasz sobie, że nie

wiesz, jak wyglądasz? Jestem pewien, że bardzo zalotne osoby po prostu nie mogłyby tego znieść...

Dlatego już bardzo wcześnie, w takich cywilizacjach jak etruska, zaczęto używać dokładnie wypolerowanych zwierciadeł metalowych (ze srebra, brązu i miedzi). Poza tym te przedmioty mają pewną niezwykłą właściwość otwierania nowej przestrzeni wewnątrz tej trójwymiarowej, w której się poruszamy; wydaje się, że są bramą, pozwalającą nam wejść w rzeczywistość taką samą jak nasza, w coś, co nazywa się obrazem lustrzanym. Oprócz tego lustra mają tę właściwość, że sprawiają, iż przestrzeń wydaje się większa – rzecz niesłychanie pożyteczna w naszych małych mieszkaniach. Dzięki temu często przypisywano lustrom właściwości magiczne: wampiry się w nich nie odbijały, a umierający ludzie mogli skończyć swe życie, gdy przeciągano ich na drugą stronę ich powierzchni.

I pomyśl na przykład o tej podłej czarownicy i jej magicznym lusterku, które mówiło za każdym razem, kto jest najpiękniejszy w całym królestwie (wpadła w pasję, kiedy okazało się, że piękniejsza od niej jest Śnieżka).

Ach, mówi się też, że kiedy lustro się stłucze, oznacza to siedem lat nieszczęść. Wiesz już jednak, że to zwyczajny przesąd, bez żadnego potwierdzenia w nauce. Oczywiście lepiej nie tłuc luster, bo można się skaleczyć.

Czym jest przedmiot wzbudzający w nas tyle emocji?

Lustro to gładka powierzchnia, która odbija światło zgodnie z prawami optyki. Większość przedmiotów odbija światło, dlatego je widzimy (jedynym wyjątkiem jest tak zwane ciało doskonale czarne, które pochłania całe światło). Kolory, jakie mają przedmioty, są skutkiem odbicia światła. Na przykład zielone jabłko pochłania wszystkie długości widocznej fali światła, wszystkie barwy z wyjątkiem tych, które kształtują zieleń jabłka. Jak już przedtem wyjaśniliśmy, są takie fale, które są pochłaniane, i takie, które docierają do naszych oczu, wywołując w naszym mózgu wrażenie właśnie takiego koloru jabłka. Dlatego zawsze mówi się, że przedmioty mają wszystkie barwy z wyjątkiem tej, którą widzimy, ponieważ tylko ta jedna się odbija. Większość przedmiotów jednak (jabłek, zasłon, drewnianych tablic) nie

powoduje takiego samego wrażenia jak spojrzenie w lustro – nie widzimy w nich swojego odbicia.

Dlaczego?

Zwyczajne przedmioty, takie jak jabłka, odbijają światło, ale robią to w sposób rozproszony (nawet nazywa się to odbiciem rozproszonym). Zawdzięczają to temu, że ich powierzchnia jest nieregularna i promienie nie odbijają się od niej w sposób uporządkowany. Tymczasem powierzchnia luster jest bardzo gładka, wypolerowana, co sprawia, że odbija promienie w sposób uporządkowany, pod tym samym kątem, pod jakim na nią padły. Im lustro gładsze, tym wierniej będzie odbijało rzeczywistość. Poza tym płaskie lustro daje proporcjonalny obraz przedmiotów, podczas gdy lustra zakrzywione, wklęsłe czy wypukłe, jak te, które można zobaczyć w wesołych miasteczkach, powodują, że odbicia są zdeformowane. Widzimy się w nich wydłużeni albo spłaszczeni; to śmieszne, ale i straszne. Dzisiaj lustra robi się, nakładając cienką warstwę aluminium lub srebra na przezroczystą taflę szkła (najczęściej z krzemionki, sodu i wapnia).

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Na północy Chile, w sercu pustyni Atakama, a dokładnie na szczycie góry Cerro Armazones (3046 m n.p.m.), ma zostać zainstalowany największy teleskop, jaki kiedykolwiek zbudowano, który ma badać przestrzeń kosmiczną; nazwano go ELT (*Extremely Large Telescope*, Ekstremalnie Wielki Teleskop). Główne zwierciadło ma liczyć 39 metrów średnicy i składać się z 798 sześciokątnych tafli lustrzanych (opartych o inne cztery lustra) oraz posiadać kopułę ochronną o wysokości 80 metrów (niemal tyle, co boisko do gry w piłkę nożną), zatem ma to być największe do tej pory urządzenie obserwujące widoczne światło planet z wyjątkowo wysoką jakością obrazu, do piętnastu razy dokładniejszą przy tej samej częstotliwości fali co ta, którą odbiera teleskop kosmiczny Hubble'a. Ekstremalnie wielki, potężny tak samo jak preliminarz budżetu na jego konstrukcję: miliard euro, być

może najlepiej zainwestowanych – kto wie, może to nam pomoże odkryć miliardy tajemnic, nowych galaktyk albo gwiazd.

Zatem jakiego koloru jest lustro? Można by od razu powiedzieć, że srebrzystego, bo często tak wygląda. Lustro jednak ma po prostu kolor tego, co odbija: jeżeli postawi się je przed żółtą ścianą, będzie żółte, a jeżeli przed niebieską – niebieskie, a jeżeli odbija naszą twarz, będzie dokładnie w tych kolorach co nasza twarz. Białe przedmioty odbijają wszystkie kolory, jak lustro, ale w sposób rozproszony. Dlatego astronom Phil Plait powiedział, że lustra to rodzaj „inteligentnej bieli". Oznacza to, że odbijają wszystko, tak jak biel, ale w sposób uporządkowany, nierozproszony i dzięki temu przekazują nam właściwe obrazy.

W każdym razie utrwalmy to, co powiedzieliśmy. Lustra nie są doskonałe. Zawsze pochłaniają pewien odsetek światła, które otrzymują, choćby niewielki, a resztę odbijają. Nasze oczy nie bardzo sobie zdają sprawę z tego tak subtelnego zjawiska, ale uczeni przestudiowali elektromagnetyczne widmo, które lustra odbijają, i odkryli owo zjawisko absorpcji. Ogłosili też coś zaskakującego: długość fali, którą lustra odbijają najlepiej dzięki swojemu normalnemu składowi (szkło i metal), to długość 510 nanometrów, czyli taka, jaką ludzki mózg identyfikuje jako kolor zielony. Zatem można by powiedzieć, że mimo wszystko lustra są lekko zielonkawe. Czy da się to sprawdzić? Ależ tak! Wystarczy, że ustawimy jedno lustro naprzeciw innych, tworząc w ten sposób rodzaj niezwykłego tunelu, ciągnącego się bez końca w głąb (są tacy, którzy mówią, że nieskończoność znajduje się pomiędzy dwoma lustrami).

Następnym razem, kiedy znajdziesz się między dwoma płaskimi zwierciadłami, zauważ: w miarę jak wymieniony tunel się oddala, staje się wyraźnie mniejszy i lekko zielonkawy, co jest efektem powtarzających się pochłaniań światła, które nie jest zielone, co sprawia, że kolor zielony staje się coraz lepiej widoczny.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Jakiego koloru jest lustro?”.

Odpowiedzieliście:

Facebook:

Zenon Meller: Moje jest brunetem i ma za każdym razem coraz więcej siwych włosów.

Instagram:

martin237: Lustrzanego.

25
Czy Juliusz Verne był jasnowidzem?

Najlepszym sposobem przewidywania
przyszłości jest jej wymyślanie.

Alan Kay,
AMERYKAŃSKI INFORMATYK

Oprócz budowania zamków z kart, zabaw zabawkami bez baterii i z kolegami na ulicy (oni też nie mieli baterii), kiedy nie musiałem odrabiać lekcji, niemal bez przerwy czytałem. Teraz byłoby to trudniejsze, nie bardzo można się skupić: mamy platformy społecznościowe, smartfony, tablety, YouTube'a, grupy WhatsAppa, które trzeba śledzić (te mnie wyjątkowo stresują) i dziesiątki kanałów telewizyjnych.

Fizyk Alfons Cornella używa terminu „infoksykacja" na określenie tego stanu zmieniającej się uwagi, wielozadaniowości, braku koncentracji, w którym żyjemy w obecnym, zagonionym i stechnicyzowanym społeczeństwie. Żeby wykonać pilną pracę i przetrwać współczesną harówkę, nasza nowa konfiguracja umysłowa może być przydatna, ale nie do innych zadań, spokojniejszych i nie tak stymulujących, jak na przykład czytanie powieści czy nawet mojej książki. Ile razy przerywasz pracę, żeby spojrzeć w telefon komórkowy? Właśnie dlatego obecnie tak triumfują *mindfulness* i inne terapie relaksacyjne czy medytacyjne... kto je tam wie!

Ale ani ja, ani inne dzieci z mojego pokolenia nie byliśmy „zatruci informacją" – dlatego też jako chłopiec dużo czytałem. Niektóre książki (zawsze powieści) wiele razy: *Wyspę skarbów, Trzech muszkieterów, Hrabiego Monte Christo, Ben Hura* czy *Białego Kła*...

Ale przede wszystkim powieści Juliusza Verne'a (1828–1905). Napisał blisko sto (oczywiście nie przeczytałem wszystkich) powieści fantastycznych, przygodowych, science fiction, w większości z postaciami naukowców albo niespokojnych umysłów w rolach głównych. W sumie były to książki zaspokajające moją ciekawość poznania świata i nauki. Kto wie, być może Verne, drugi w historii najczęściej tłumaczony autor literatury, sprawił, że zostałem inżynierem?

Bardziej niż jego wielka umiejętność narracji i tworzenia fabuły, które sprawiały, że nie potrafiłem oderwać się od książki (jak teraz w wypadku najlepszego serialu na HBO), fascynowało mnie jego przewidywanie przyszłości. Zapowiedzi tego, co będzie, czasem na dziesiątki lat przed wynalezieniem czegoś lub odkryciem – jego naukowe wizje, które się potem ziściły.

Moimi ulubionymi książkami Verne'a były *Podróż do wnętrza Ziemi* i *Dwadzieścia tysięcy mil podmorskiej żeglugi* – tę ostatnią napisał w 1870 roku, a Disney przedstawił jej zachwycającą wersję filmową w 1954 roku (w reżyserii Richarda Fleischera z udziałem Kirka Douglasa). Opowiada o przygodach sławnego kapitana Nemo na pokładzie równie sławnej łodzi podwodnej, Nautilus. W tej historii biolog Pierre Aronnax (jak widzisz, naukowiec) zostaje uratowany przez kapitana Nemo, który nie może pozwolić, żeby Aronnax ujawnił światu istnienie jego nadzwyczajnego, tajemnego pojazdu pływającego pod powierzchnią morza. Od tej chwili razem przemierzają podmorskie przestrzenie. W książce jest szczegółowo opisana wielka mnogość morskiej fauny, włącznie z ogromną mątwą, która swoimi olbrzymimi mackami zagraża Nautilusowi w najbardziej dramatycznej scenie dzieła.

Co ciekawe, pierwsza łódź podwodna z napędem elektrycznym została stworzona przez Hiszpana Isaaca Perala w niewiele lat później, w 1888 roku, i wiadomo, że był on zafascynowany dziełem Verne'a i to ono pobudziło jego twórczą wyobraźnię. Teraz łódź Perala można

oglądać w rodzinnym mieście wynalazcy, w Muzeum Marynarki Wojennej w Kartagenie.

We wspomnianym dziele Verne opisuje również robienie zdjęć pod wodą (stało się to możliwe dopiero dwadzieścia lat później, kiedy dokonał tego Louis Boutan, prekursor fotografii podwodnej), a także elektryczną broń, przypominającą obecny pistolet laserowy. Wyobraźnia Verne'a działała nie tylko pod wodą: w swoich dziełach przewidział też helikopter – w powieści *Robur Zdobywca* z 1886 roku opisuje bowiem statek powietrzny poruszany śmigłami.

Kolejne z fundamentalnych dzieł francuskiego pisarza to: *Z Ziemi na Księżyc* (1865) i *Wokół Księżyca* (1869). Oczywiście obie te powieści opisują dotarcie człowieka na naszego satelitę; osobliwością jest, że zostały napisane sto lat przed pierwszym lądowaniem statku Apollo 11 na Księżycu, kiedy to w 1969 roku Neil Armstrong postawił stopę na tej piaszczystej, romantycznej powierzchni. Pomiędzy fikcją Verne'a a późniejszą rzeczywistością istnieją zadziwiające podobieństwa: obydwa statki wyruszają z Florydy (w USA) i oba powracają w jakieś miejsce na Pacyfiku. Niektóre parametry statku kosmicznego Verne'a, takie jak grubość ścian czy cena, są zadziwiająco zbliżone do cech statku Apollo. Statek Verne'a leciał 83 godziny, a statek NASA nieco więcej, bo 97. W obu wypadkach załogi liczyły po trzech astronautów. Aż trudno sobie wyobrazić, jak dokładnie Verne przewidział niektóre elementy podróży na Księżyc. Tak jednak było.

I na tym właśnie polega jego wielkość.

Z pewnością księżycowe powieści Verne'a musiały być także inspiracją dla twórcy pierwszego w historii filmu science fiction, wspomnianej już *Podróży na Księżyc* (1902) Georges'a Méliès a.

Najbardziej niezwykłe jest wszakże to, że Verne przewidział również, i to na wiele lat wcześniej, wielki wynalazek, który na zawsze zmienił historię ludzkości: Internet!

W powieści z 1863 roku pod tytułem *Paryż w XX wieku* (uważanej za zaginioną powieść autora, wydanej pierwszy raz we Francji dopiero w 1994 r., kiedy już nie byłem dzieckiem) Verne opisuje społeczeństwo francuskie z roku 1960, skoncentrowane przede wszystkim na rozwoju naukowym i finansowym: stoją tam drapacze chmur i jeżdżą bardzo

szybkie pociągi. Nikt z ludzi nie uczy się już łaciny ani greki, wiedza humanistyczna i zainteresowanie literaturą niemal zanikły i nikt już nie pamięta wielkich pisarzy (w tym ostatnim Verne też się niewiele pomylił).

Ciekawe, że już Verne wyobraził sobie ogólnoświatową sieć komunikacyjną, czyli obecny Internet, tyle że u niego nie ma on oparcia w elektronice, ale funkcjonuje jako rodzaj światowego telegrafu. Dopiero sto lat później zainteresowano się podobnym wynalazkiem, który dzisiaj wszyscy znamy.

Między innymi wizjami, które pojawiły się w pismach Verne'a, znajdują się tak rozmaite wynalazki, jak: wideokonferencje, kroniki filmowe, żagle słoneczne czy reklamy wypisywane na niebie. Tak wysoka trafność proroctw naprawdę wywołuje dreszcze.

Często charakter twórczy i wizjonerski kojarzy się ze sztuką, natomiast do nauki odnoszą się aspekty bardziej chłodne, techniczne i mechaniczne. Tak wcale nie jest. Wielcy naukowcy (jak Einstein, Tesla, Feynman itd.) zawsze potrzebowali ogromnej wyobraźni i kreatywności, aby doprowadzić do końca swoje rewolucyjne odkrycia. Juliusz Verne nie był naukowcem, tylko powieściopisarzem, ale jego wyobraźnia potrafiła stworzyć mnóstwo cudów, które zrealizowały się w przyszłości. Gdyby był naukowcem, prawdopodobnie zmieniłby świat… jeszcze bardziej.

Zatem radzę ci: zostaw swoją komórkę w innym pokoju i zagłębiaj się – albo wracaj – w dzieła Verne'a, Asimova, Huxleya, Philipa K. Dicka, Orwella, Wellsa – wszystkich tych pisarzy science fiction, którzy do dzisiaj zapładniają wyobraźnię wielu współczesnych naukowców, a tobie pozwolą dryfować – i nie mówię tu o Internecie – po nieznanych światach, do których któregoś dnia pewnie dotrzemy.

Ja mam zamiar tak zrobić.

26
Ile by kosztowało wyniesienie piłki futbolowej w przestrzeń kosmiczną?

Major Tom do kontroli naziemnej:
Latam wokół mojej puszki z cyny,
Bardzo daleko nad Księżycem.
Planeta Ziemia jest błękitna,
A ja już nic nie mogę zrobić.

David Bowie,
SPACE ODDITY

Być może słyszałeś kiedyś to pytanie: dlaczego pakuje się tyle pieniędzy w badania przestrzeni kosmicznej czy w akceleratory, czyli przyspieszacze cząstek elementarnych, które rozbijają najmniejsze cząstki materii, kiedy mamy inne, bardziej naglące kwestie do rozwiązania? Dlaczego nie staramy się, by nauka była bardziej praktyczna? Dlaczego chcemy dotrzeć na Marsa, wysyłać sondy kosmiczne, żeby badały nasz Układ Słoneczny czy robiły zdjęcia o najwyższej rozdzielczości i pozyskiwały dane o Plutonie, które z pewnością w niczym nie pomogą nam na Ziemi?

Z pewnością jest to dylemat, nad którym należy się pochylić – wybór, czy trzeba się raczej zająć naukami podstawowymi, czy też naukami

stosowanymi, jak je zwykliśmy nazywać.

Kwestie te jednak nie są takie proste, ponieważ często owa różnica pomiędzy nauką podstawową a nauką stosowaną nie jest zbyt jasna. Są tacy, którzy twierdzą, że bez nauk podstawowych nie ma nauki, jaką się później stosuje.

Przykład: kiedy Einstein, Planck, Bohr, Schrödinger czy Heisenberg rozwijali podstawy mechaniki kwantowej, robili to z czystej miłości do wiedzy, z tej naukowej ciekawości, która każe nam badać najmniej znane szczegóły rzeczywistości; jednak dzięki mechanice kwantowej rozwinęła się fizyka półprzewodników, a wraz z nią wiedza o tranzystorach, te zaś pomogły zbudować pierwsze komputery, a potem też smartfony…

Drogi nauki, podobnie jak życia, są nie do przewidzenia. Jasne jest tylko, że siedząc z założonymi rękami, daleko się nie zajdzie. Kto miał powiedzieć tamtym dawnym naukowcom z początków XX wieku, że ostatecznie wywołają naukową rewolucję na tak ogromną skalę? Wyobraźcie sobie, że próbujecie wytłumaczyć Einsteinowi, co to jest Facebook…

W ostatnich latach modne jest wyrażenie „*spin-off*". Na przykład seriale telewizyjne: zdarza się, że postać z jakiegoś konkretnego serialu zyskuje taką popularność i charyzmę, że producenci postanawiają jej poświęcić osobny serial. Tak się zdarzyło w wypadku niewydarzonego prawnika Saula Goodmana z serialu *Breaking Bad*. *Spin-offy* zdarzają się też w życiu firm, gdy na przykład mała firma technologiczna powstaje na uniwersytecie i staje się od niego niezależna (to sukces, że takie rzeczy się zdarzają).

Jednak *spin-off*, jaki nas tutaj interesuje, jest jeszcze inny – taki, który opisuje postępy naukowe czy techniczne, jakie się pojawiają, kiedy bada się zupełnie coś innego, co w zasadzie nie ma z tamtym nic wspólnego.

NASA każdego roku publikuje kompendium wszystkich *spin-offów*, jakie powstały w trakcie działalności tej instytucji; w ten sposób tłumaczy się ze zmian, jakie następują w tej agencji i jakie mogą budzić krytykę pewnych osób.

Dzięki badaniom przestrzeni kosmicznej korzystamy teraz z tak cudownych wynalazków, jak mikrofalówki, wykrywacze dymu, komunikacja przez satelitę, nowoczesne podeszwy sportowych butów (zainspirowane butami astronautów na Księżycu), filtry wody czy superchłonne jednorazowe pieluszki.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: W latach osiemdziesiątych XX w. w agencji kosmicznej zaczęto rozpatrywać problem, jak sobie poradzić z potrzebami fizjologicznymi astronautów w chwilach, kiedy nie mogą „wyjść do łazienki" – takich jak start, lądowanie czy spacery w przestrzeni kosmicznej. Używano do tego materiału zwanego poliakrylanem sodu, który ma zdolność absorbowania 300 razy więcej wody, niż wynosi jego masa, czyli 1 kg poliakrylanu wchłania – drobiazg! – 300 kilogramów wody; kiedy wchłonie tę wodę (czy mocz), zmienia się w rodzaj galaretki, która jest mniej wilgotna niż dawne pieluszki z bawełny czy ligniny. Poliakrylan zastosowano pierwszy raz w 1983 r. podczas lotu Challengera. Jak widać, pieluchy, jakich dziś używamy, przybyły do nas – można powiedzieć – z przestrzeni kosmicznej.

Problemem, który teraz należy rozwiązać, jest zanieczyszczanie środowiska, jakie powoduje ten związek.

Od czasu pojawienia się w 1976 roku pierwszej publikacji NASA *Spinoff 1976* ogłoszono już dwa tysiące takich postępów naukowych spowodowanych przez program kosmiczny. W ostatnim wydaniu tego informatora agencja wyróżniła kilka najnowszych wynalazków: od systemów zdjęć laserowych, których pierwszym zadaniem było odkrycie śniegu na Marsie, a które teraz stosuje się: począwszy od archeologii do identyfikacji nowych obiektów wykopalisk archeologicznych (takich jak zaginione miasta albo prehistoryczne tereny polowań), aż do technologii używanych przy stabilizacji rakiet w momencie ich startu czy też przy ochronie drapaczy chmur przed wiatrami i trzęsieniami

ziemi. Od aparatów fotograficznych wielkiej rozdzielczości, używanych do monitorowania spadochronów statku kosmicznego Orion, jakich teraz używa się do badań kolizji pojazdów, aż do ulepszeń systemów GPS, którymi już posługują się autonomicznie działające traktory rolnicze. Poza tym nasze nowoczesne śrubokręty, wiertarki i bezprzewodowe odkurzacze są wzorowane na narzędziach zaprojektowanych do pozyskiwania próbek z Księżyca. Tomografii komputerowej, służącej do wykrywania guzów nowotworowych, użyto po raz pierwszy do znalezienia niedoskonałości w kadłubie i elementach statku kosmicznego. Do tego dochodzą innowacje w kijach golfowych, nowe nawozy sztuczne...

Lista jest zaskakująca!

CIEKAWOSTKA POP: Nasze obecne komputery osobiste i ich mikroskopijne mikrochipy i mikroprocesory pochodzą od obwodów zamkniętych stosowanych w pierwszych kapsułach statków Apollo. Przyczyna leży w ich wadze. Mówiąc dokładniej, trzeba było robić jak najmniejsze i jak najlżejsze komputery, ponieważ zaledwie kilogram „nadwagi" w statku kosmicznym to – ni mniej, ni więcej – tylko suma miliona euro.

Zabierz ze sobą na Międzynarodową Stacją Kosmiczną piłkę futbolową o wadze, dajmy na to, 45 dekagramów, a kosztowałoby to jakieś pół miliona euro. W każdym razie powinno się porozmawiać z Sergio Ramosem, kapitanem naszej reprezentacji w piłce nożnej i jednym z najlepszych obrońców na świecie. Jeżeli jesteś fanem futbolu, doskonale wiesz, że on mógłby to zrobić dla NASA gratis, jeżeli pozwolimy mu na kilka rzutów karnych (przepraszam za ten żart, zwłaszcza jeżeli kibicujesz Realowi Madryt).

Nawet barwiony napój „Tang", stworzony przez firmę General Foods Corporation w 1957 roku, czyli proszek o smaku owocowym

rozpuszczający się w wodzie, zastosowała później agencja NASA, w 1962 roku, kiedy astronauta John Glenn eksperymentował z produktami spożywczymi na orbicie okołoziemskiej. Kolejnym produktem, którego popularność wzrosła dzięki jego użyciu przez NASA, są zapięcia na rzepy, stosowane w misjach Apollo w wyposażeniu astronautów do poruszania się w stanie nieważkości. Albo teflon, wynaleziony w 1938 roku przez koncern DuPont, a potem używany w osłonach cieplnych i skafandrach kosmicznych.

Uwaga: te wynalazki czasem przypisuje się NASA, ale tak naprawdę NASA tylko je stosuje (albo stosowała) przy pewnych okazjach.

Ostatecznie nauka podstawowa i nauka stosowana muszą ze sobą współżyć, a przynajmniej powinny to robić. Zazwyczaj nauka podstawowa jest rozwijana na uczelniach czy w instytucjach publicznych i stara się funkcjonować poza rozmaitymi układami politycznymi, społecznymi czy ekonomicznymi. Istnieją ponadto firmy – potężne i wizjonerskie, zwłaszcza w USA – które inwestują właśnie w taką wiedzę. Nauka stosowana, która ma charakter bardziej „na krótką metę", jest finansowana zarówno z pieniędzy państwowych, jak i prywatnych.

W rozedrganym świecie, w jakim dzisiaj żyjemy, wydaje się, że wszystko musi być jakoś użyteczne, musi się natychmiast zacząć opłacać, musi działać w krótkim czasie. Jak widzieliśmy jednak, nauka podstawowa nie tylko przydaje się w rozwoju ludzkiej wiedzy, ale często jej niespodziewane uboczne produkty mogą poprawić życie wielu ludziom i nieco odmienić całą ludzkość.

Tak czy owak, nie powinniśmy patrzeć na to zbyt jednostronnie.

Jak wyjaśnia popularyzator wiedzy Philip Ball w swojej książce *Curiosity: How Science Became Interested in Everything* (2013), podstawowym elementem ludzkiej natury jest właśnie ciekawość (chociaż wielu próbowało ją hamować), nauka zaś wymaga nie tylko pieniędzy, rozwoju czy *spin-off*.

Czasami wystarczy wiedzieć, że trzy kwarki tworzą jeden proton albo że w sercu wielu galaktyk znajdują się ogromne, supermasywne czarne dziury. Już tylko to jest wiele warte. Znajomość Wszechświata we

wszystkich jego aspektach i fascynowanie się jego tajemnicami jest i tak już wystarczająco interesujące.

A tymczasem, na pokładzie ostatniej sondy kosmicznej, odpowiedzialni za lądowanie i start ostatniego promu kosmicznego naukowcy, którzy po prostu marzą o sławie, pomagają nam odkryć kolejną nowinkę technologiczną, która odrobinę zmieni nasze życie. Robią to od dziesiątków lat i nadal będą to robili.

Na szczęście ludzka ciekawość nie zna granic.

27
Tranzystor nie jest (tylko) radiem

Mój pierwszy rok na wydziale telekomunikacji skończył się tym, że z sześciu przedmiotów oblałem dwa: fizykę i elementy elektroniczne. Nie mogłem przejść na wyższy rok, byłem już bliski poddania się, a nawet porzucenia studiów. Najbardziej łamałem sobie głowę nad półprzewodnikami w fizyce i nad tranzystorami w elektronice. Wówczas nie wiedziałem jeszcze, jak bardzo są one ważne w mojej dziedzinie; rok później, już na drugim roku studiów, odkryłem tego przyczynę.

Czy elektroniczne gadżety nie wydają ci się magiczne? Smartfony, komputery, konsole gier wideo? W pewien sposób naprawdę takie są. Jak mówił Arthur C. Clarke, pisarz science fiction: jeśli technologia jest wystarczająco wysoko rozwinięta, niczym nie różni się od magii. A nasza technologia jest obecnie tak wysoko rozwinięta, że wydaje się magią – chociaż nią nie jest.

Inny myśliciel, filozof i socjolog nauki, Bruno Latour, stosuje nazwę „czarna skrzynka", kiedy mówi o tych wynalazkach naukowych czy technicznych, z których korzystamy, ale które są tak skomplikowane, że nie potrafimy zrozumieć zasad ich funkcjonowania. Są dla nas czarnymi skrzynkami. Często nawet nas nie interesuje, co jest tam w środku; zazwyczaj nikt nie pyta, jak funkcjonuje inteligentny telefon czy komputer. Z oczywistych powodów, skoro chciałem zostać inżynierem, musiałem się tego nauczyć, ale pewnie tobie to wcale nie było potrzebne, chociaż uważam, że nie byłoby źle, gdyby wszyscy znali przynajmniej podstawy tego, na czym polega rozwój techniczny. Już nie tylko po to, żeby dać naszym dzieciom czy uczniom kolejny powód, dla którego studiowanie fizyki czy matematyki wyda im się bardzo ważne,

ale ponieważ inaczej nadal będziemy mieli do czynienia z czarnymi skrzynkami, z czarodziejskimi wróżbami, a niekiedy nawet z przekonaniem, że niektóre przedmioty przybyły do nas z kosmosu i pochodzą od istot pozaziemskich. A w gruncie rzeczy są to po prostu obwody, elektrony i prądy elektryczne.

W podróży ludzkości w ślad za rozwojem technologii przyszedł pewien genialny techniczny wynalazek, który stał się kluczowy i dosłownie zmienił świat. Mowa o tranzystorze.

Kiedy mówimy o tranzystorach w życiu codziennym, zwłaszcza w wypadku osób starszych rozumie się przez to radia tranzystorowe, czyli aparaty radiowe, przede wszystkim przenośne, dzięki którym słuchamy transmisji z meczów piłki nożnej czy wiadomości. Ale, jak zobaczymy, w rzeczywistości tranzystor to również podstawowy komponent elektroniczny w naszych komputerach, które na przestrzeni niewielu lat tak gwałtownie zmniejszyły swoje rozmiary, jak filmowy *Człowiek, który się nieprawdopodobnie zmniejsza* (1957) albo *Ant-Man* (2015), że spowodowały rewolucję technologiczną w ostatnich dekadach.

Zacznijmy od podstaw. Komputery, a ostatnio smartfony, to maszyny liczące, które z ogromną szybkością wykonują miliony operacji matematycznych. Dlatego właśnie nazywają się komputerami (z łacińskiego *computo* = liczyć).

Pierwszymi maszynami liczącymi były liczydła, które pozwalały na proste obliczenia arytmetyczne i których używano już w starożytnej Babilonii 4500 lat temu. Po wielu stuleciach zaczęły się pojawiać takie maszyny liczące, jak pascalina filozofa Blaise'a Pascala z 1642 roku czy też – o wiele nowocześniejsza – maszyna analityczna Charlesa Babbage'a z 1837 roku, która wykonywała liczne operacje matematyczne i była programowana perforowanymi kartami z tektury. Dlatego też Babbage'a uważa się za jednego z pionierów informatyki. W XX wieku pojawił się matematyk Alan Turing, który zdołał wraz z polskimi naukowcami rozszyfrować kod Enigmy, jakim porozumiewali się naziści podczas II wojny światowej, i który tym samym uratował tysiące ludzkich istnień i skrócił wojnę o dwa lata. Największym jednak wkładem Turinga w rozwój informatyki nie była żadna maszyna fizyczna, ale maszyna teoretyczna: maszyna Turinga.

Maszyna Turinga sama w sobie nie jest fizycznym przedmiotem, którego możemy dotknąć czy który da się obejrzeć w muzeum. Jest raczej teoretycznym pojęciem, wymyślonym rozumem, reprezentującym jakąś maszynę liczącą, która odtąd pomagała naukowcom zrozumieć granice obliczeń mechanicznych. Została przedstawiona pojęciowo jako długa papierowa taśma, na której dokonywane są kolejne operacje, zgodnie z całym mnóstwem reguł.

Jest to teoretyczne przedstawienie komputera, a także algorytmu – słowa tego często się teraz używa, ale nie każdy umiałby je zdefiniować. Algorytm jest to dokładnie skończona całość systematycznych operacji, wykonywanych po to, żeby uzyskać pewien rezultat. Można by z grubsza powiedzieć, że na przykład przepis kuchenny jest algorytmem, który przetwarza pewne składniki w uzyskaną na końcu potrawę, a komputery są czymś w rodzaju kucharza: zbierają składniki (dane wejściowe), wykonują z nimi pewne operacje (w większości miliony razy) i wreszcie oferują rezultat, czyli potrawę (dane wyjściowe).

BOHATEROWIE BEZ PELERYN: Mimo swoich zasług dla ludzkości Alan Turing został oskarżony przez brytyjski rząd o homoseksualizm (wtedy uważany za przestępstwo) i chemicznie wykastrowany. Turing zmarł najprawdopodobniej śmiercią samobójczą w 1954 r. po ugryzieniu jabłka nasączonego cyjankiem. Mówi się, że od tego symbolicznego owocu pochodzi logo Apple, chociaż firma kilkakrotnie to dementowała.

W 2013 r., blisko sześćdziesiąt lat po jego śmierci, królowa Elżbieta II ułaskawiła Turinga i oczyściła go z wszelkich zarzutów.

Ale idźmy dalej. To, co uważa się za pierwszy współczesny komputer, to Elektroniczny, Numeryczny Integrator i Komputer (ENIAC),

zaprezentowany publicznie w 1946 roku. ENIAC był olbrzymią maszyną, zajmującą pomieszczenie o powierzchni 167 m^2, został oryginalnie zaprojektowany do obliczeń związanych z balistyką dla wojsk artyleryjskich Stanów Zjednoczonych. Następnie używano go do obliczania kolejnych po przecinku cyfr liczby pi (o czym opowiadaliśmy w rozdziale 5) albo obliczeń związanych z bombą atomową. Maszyna ważyła 27 ton i miała 6000 przełączników, poza tym wszędzie znajdowało się mnóstwo światełek i kabli (tak jak to zazwyczaj wygląda w komputerach przedstawianych w latach pięćdziesiątych w filmach science fiction).

Przy tak wielkich rozmiarach moglibyśmy przypuszczać, że jego moc musiała być ogromna, tymczasem jakikolwiek smartfon, który mieści się nam w dłoni, jest tysiące razy szybszy i nie grzeje się tak jak ENIAC (gdy pracował, podnosił temperaturę pomieszczenia do blisko 50°C). Był to już jednak komputer, który można było programować, aby bardzo szybko dokonywać obliczeń, zbyt długich i pracochłonnych dla umysłu człowieka. Chociaż w tym celu trzeba było włączać i wyłączać większość jego kabli, tak że proces obliczeniowy potrafił się ciągnąć całe dnie, a nawet tygodnie. ENIAC miał blisko 17 500 lamp elektronowych, podobnych do żarówek, które zajmowały mnóstwo miejsca, łatwo się przepalały i trzeba je było stale wymieniać.

I tutaj właśnie wkracza tranzystor.

BOHATERKI BEZ PELERYN: Wielce zasłużeni dla ENIAC byli panowie John Presper Eckert i John William Mauchly, inżynierowie, którzy go projektowali; było jednak sześć kobiet, które go programowały. Gdybym nie wymienił ich nazwisk, byłoby to niesprawiedliwe: Frances „Betty" Holberton, Jean Jennings Bartik, Kathleen McNulty Mauchly Antonelli, Marlyn Wescoff Meltzer, Ruth Teitelbaum i Frances Bilas Spence. Znowu kobiety naukowcy, niestety ciągle zbyt mało rozpoznawalne.

Po kilku latach, w 1951 r., ponownie Eckert i Mauchly – na szczęście dwaj ludzie o cechach nonkonformistów – zaprojektowali pierwszy UNIVAC (*UNIVersal Automatic Computer*), pierwszy komputer komercyjny. Maszyna ta ważyła już o wiele mniej niż ENIAC, bo około 7 ton, i była w stanie wykonać niewiele ponad tysiąc operacji na sekundę.

Teraz przybliżę nieco określenie „komercyjny". Maszyna kosztowała wtedy ponad milion dolarów (odpowiada to 6-9 dzisiejszym milionom), co oczywiście nie było wydatkiem na każdą kieszeń. Na szczęście jej twórcy, poza tym, że błyskotliwi, byli też wielkoduszni i podarowali tę maszynę uniwersytetom Harvarda i Pensylwanii.

Ale... czemu służyła lampa elektronowa? Przede wszystkim wprowadziła do logiki obliczeniowej pojęcia „prawdy" i „fałszu", ponieważ komputer funkcjonuje w systemie dwójkowym, korzystając tylko z zera i jedynki. Chociaż obecnie wykorzystuje się również szesnastkowy system liczbowy, to każda z liczb, jakie znamy, ma swój odpowiednik w systemie dwójkowym, czyli możemy ją wyrazić jako szereg zer i jedynek. Na przykład liczby od zera do dziesięciu w systemie dwójkowym będą wyglądały następująco:

CAŁKOWITE, NIE UJEMNE	CAŁKOWITE, DWÓJKOWE
0	0
1	1
2	10
3	11
4	100
5	101
6	110
7	111
8	1000
9	1001
10	1010

I tak dalej, w nieskończoność.

Dlaczego jest to takie interesujące? Ponieważ w ten sposób maszyna nie musi znać wszystkich liczb, tylko dwie. A dlaczego to z kolei jest interesujące? Ponieważ zero i jedynkę z łatwością można przenieść w świat fizyki. Jeżeli prąd elektryczny nie dochodzi do obwodu, procesor odczytuje to jako „zero", a jeżeli dochodzi – jako „jeden". To jest klucz, w ten sposób funkcjonuje komputer, wykonując z zawrotną szybkością obliczenia w systemie dwójkowym, interpretując ładunki elektryczne.

Po to właśnie używano lamp elektronowych (tak jakbyś zapalał i gasił światło w pokoju): prosty system, który manipuluje elektrycznością, pozwalając kierować ładunki elektryczne albo nie i mając te ładunki, te zera i jedynki, może dokonywać najbardziej skomplikowanych obliczeń matematycznych.

To stanowi podstawę tego wszystkiego.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Przekaźniki, wynalezione przez Josepha Henry'ego w 1835 r., będące prekursorami lamp elektronowych, to obwody elektryczne, w których dzięki cewce i elektromagnesowi może następować jeden lub więcej kontaktów w obwodzie, co z kolei pozwala otwierać lub zamykać (jak automatyczny przerywacz) inne niezależne obwody elektryczne. Mają one dziesiątki zastosowań w przemyśle i nawet dzisiaj możesz je spotkać u siebie w domu; są to wszystkie tak zwane korki, których zawsze trzeba szukać, kiedy zgaśnie ci światło.

Opowiadają, że w 1947 r. pani kontradmirał Grace Hopper, która pracowała przy komputerze Harvard Mark II, jedna z pierwszych programistek w historii, znalazła błąd, powstały na skutek złego funkcjonowania jakiegoś przekaźnika. Odkryła, że omyłka powstała dlatego, że dostało się tam jakieś żyjątko (był to najczęściej spotykany błąd, kiedy używano tego typu elementów). Usunęła owada i przykleiła go taśmą do dziennika...

Wydarzenie było tak ciekawe, że odtąd każdy błąd informatyczny kojarzy się z nazwą *bug* (ang. pluskwa) i terminem *debugging*, czyli „odpluskwianie" programów w celu zidentyfikowania i naprawienia błędów w oprogramowaniu.

Pani Hopper nie zdobyła jednak sławy dlatego, że przykleiła ćmę do dziennika. Była pierwszą kobietą w ciągu 233 lat historii USA, która obroniła doktorat z matematyki na Uniwersytecie Yale. Była też twórczynią rewolucyjnego FLOW-MATIC, czyli języka programowania (prekursora COBOL), który pozwolił na programowanie dalej niż matematyczne granice obliczania i umożliwił to, że możemy się porozumiewać z naszym komputerem – coś w rodzaju możliwości rozmawiania z nim po angielsku, co w tamtych czasach było rewolucją.

Wspominam o tym po to, żeby nikt nie mówił, że dziewczyny nie znają się na nauce (w kolejnym rozdziale napiszę o tym więcej).

Rewolucja technologiczna nastąpiła wraz z pojawieniem się tranzystora, który był mniejszy niż lampa elektronowa czy przekaźniki i nie psuł się tak często. Dochodzimy tu do drugiego pokolenia komputerów – cyfrowych. Były produktem fizyki półprzewodników, które z kolei były produktem fizyki kwantowej (jeszcze jedno zastosowanie w naszym życiu świata fizyki i chemii). Tranzystory zostały wynalezione przez Johna Bardeena, Waltera Brattaina i Williama Shockleya w 1947 roku, za co otrzymali Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki w 1956 roku.

Od tego czasu rozwój technologiczny nabrał zawrotnej szybkości, ponieważ produkowano coraz mniejsze tranzystory, a komputery stopniowo stawały się coraz powszechniejsze.

Tranzystory – małe stworzonka na trzech łapkach (kolektor, baza i emiter), odpowiedzialne za moje największe męczarnie na egzaminach z elektroniki na uniwersytecie – są najczęściej produkowane z krzemu (ściśle z tlenku krzemu), któremu „skradziono" dwie cząsteczki tlenu, oczyszczając go następnie aż do chwili, kiedy stanie się jednym z najczystszych materiałów na naszej planecie, krzemem o 99,9999999% czystości, czyli o wskaźniku czystości standardowym dla obecnych mikroprocesorów. Potrzeba byłoby całego roku na uniwersytecie, żeby wytłumaczyć ci, jak funkcjonuje i jakie są jego zastosowania, ale, mówiąc najprościej, są to jakby trasy biegów z przeszkodami dla elektronów (nazwa „tranzystor" pochodzi od angielskiego wyrażenia *transfer resistor*, czyli opornik przekazywania).

Andrea Sella z University College London, z którym miałem szczęście zetknąć się kilka lat temu (nie mówię, że z nim rozmawiałem, bo praktycznie mówił tylko on… na dodatek mój stopień znajomości angielskiego nie jest zbyt wysoki – na nieszczęście!), wyjaśnił mi to następująco:

Chodzi przede wszystkim o umyślne dodawanie zanieczyszczeń w celu kontrolowania zachowania krzemu. Te zanieczyszczenia, które możemy kontrolować, dodawać lub nie, tworzą małe przeszkody po to, żeby elektrony je omijały. Te przeszkody, w ogromnych ilościach i o właściwych rozmiarach oraz rozmieszczeniu, pozwalają nam symulować wszystkie logiczne funkcje związane z językiem systemu

dwójkowego. Wymienione przeszkody to tranzystory – jeden z najważniejszych wynalazków w historii ludzkości, a może nawet najważniejszy.

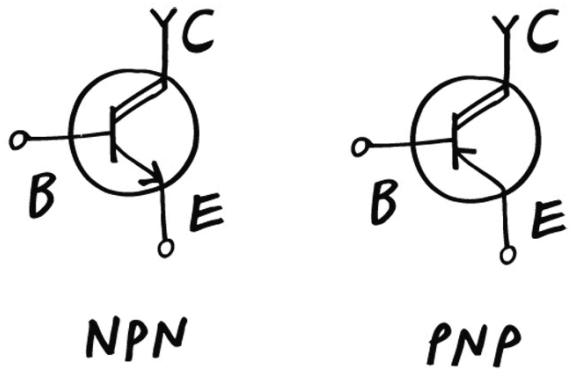
Niektóre pierwiastki zachowują się jak przewodniki (1) lub jak izolatory (0), w zależności od takich czynników, jak pole elektryczne czy magnetyczne, ciśnienie, promieniowanie, jakie na nie działa, czy temperatura otoczenia, z którego korzystają. Te pierwiastki, półprzewodniki, o których przedtem wspomniałem, to na przykład krzem, german, gal... a nawet siarka. Najczęściej stosowany jest krzem, ten sam, którego ludzkość używała przez wieki do wyrobu grotów strzał w starożytnej Mezopotamii. Albo do produkcji wszelkiego rodzaju szkła, z którego robiono witraże w średniowiecznych katedrach. Dzieje się tak nie tylko ze względu na jego twardość czy stabilność elektryczną, ale również dlatego, że z tych wszystkich pierwiastków krzem najłatwiej pozyskiwać, bo znajduje się wszędzie: stanowi blisko 28% skorupy ziemskiej, poza tym tworzy niemal cały piasek na plażach.

Tyle chyba wystarczy?

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: W związku z tym nie jest przypadkiem, że miejsce, w którym koncentruje się najpotężniejszy przemysł elektroniczny, w pobliżu San Francisco (Kalifornia), zostało nazwane w 1971 r. Doliną Krzemową. W tej dolinie (przy znaczącym wpływie hipisów) mieszczą się siedziby większości firm technologicznych i start-upów, mające wyjątkową cechę twórczego, swobodnego i technologicznego kapitalizmu, zupełnie innego niż poważne i sztywne przedsiębiorstwa ze Wschodniego Wybrzeża Stanów Zjednoczonych, na przykład w Nowym Jorku. Jest to tzw. duch Google, czyli to, co sprawia, że Mark Zuckerberg, założyciel Facebooka, jeździ po świecie bez krawata, w sportowych butach i bluzie. Tam obecnie znajduje się siedziba Apple (w Cupertino), Facebooka (w Menlo Park), Google (w Mountain View) i niemal każdej firmy technologicznej, jaka ci przyjdzie do głowy.

Kiedy następnym razem znajdziesz się na plaży, poza tym że będziesz myślał o napiciu się mojito, przypatrz się piaskowi. Służy nie tylko do budowy zamków. Jest podstawą światowej ekonomii.

W latach sześćdziesiątych XX wieku tranzystory stają się niewidoczne w obwodzie i zaczynają na wielką skalę wchodzić w skład tak zwanych układów scalonych. Dochodzimy tym samym do ich trzeciej generacji.



Na uniwersytecie, kiedy studiowałem telekomunikację, nazywaliśmy układy scalone karaluchami (znowu w nauce o komputerach pojawia się nazwa owada). Dzięki nim mogliśmy kontrolować wszelkiego rodzaju obwody elektryczne – od tych w automatycznej wadze do tych odpowiedzialnych za komponowanie melodii. Najbardziej mi się wtedy podobały, chociaż były też odpowiedzialne za kilka zawieszeń w elektronice cyfrowej… wygrawerowane w mikroskopijnych krzemowych obwodach za pomocą światła wszystkie komponenty elektroniczne (kondensatory, oporniki, tranzystory), wykonane z tego samego materiału, co pozwala na używanie coraz większej liczby układów scalonych na coraz mniejszej przestrzeni i udoskonalanie procesu produkcji.

Wszystko tu pasuje: mniejszy rozmiar, mniejszy koszt; mniejszy rozmiar, większa moc obliczeniowa… Oto co przyniosła technologia w ostatnich dziesięcioleciach. Ta wielka moc obliczeniowa i coraz

większa miniaturyzacja pozwoliły na wynalezienie takich urządzeń, jak komputer osobisty (pecet), następnie komputer przenośny (laptop), a ostatnio tablety i smartfony, które teraz po prostu stały się przedłużeniem naszych ciał.

Postęp nie ustawał ani na chwilę. W 1958 roku firma IBM stworzyła IBM 7070, a w 1968 roku Robert Noyce i Gordon E. Moore założyli firmę Intel, która obecnie produkuje między innymi popularne procesory Pentium. To właśnie Moore sformułował słynne prawo, noszące jego imię, które wyjaśnia zawrotnie szybki rozwój technologii. W firmie Intel produkuje się mikroprocesory i układy scalone, wynalezione przez Jacka Kilby'ego w firmie Texas Instruments, które mu przyniosły Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki w 2000 roku.

Niedawno, bo w 2017 roku, Intel zapowiedział stworzenie procesora o wielkości zaledwie 7 nanometrów (żebyś miał pojęcie, jaka to wielkość: średnica atomu helu wynosi 0,1 nanometra, a rybosom wewnątrz komórki ma wielkość 20 nanometrów), który ma zostać zaprezentowany około roku 2020. Miniaturyzacja już zbliża się do granic, na jakie pozwala fizyka: do rozmiaru atomu – a, jak wiemy, nie można wykonać niczego mniejszego od atomu. Poza tym przy takich minimalnych wielkościach chipy mogą się bardzo nagrzewać i wywoływać efekty kwantowe, które udaremnią ich używanie. Powiedzmy, że sama natura chce zastopować prawo Moore'a (co już on sam sygnalizował) oraz dalszą miniaturyzację gadżetów technologicznych. Zobaczymy, jak zareaguje przemysł, który przez dziesięciolecia był oparty na ciągłych innowacjach. Już teraz prowadzone są badania w rozmaitych kierunkach, poza technologią tranzystorową, po to, żeby postęp jednak nie został zahamowany.

Za każdym razem, kiedy o tym myślę, wydaje mi się magiczne i wręcz kwestią wiary, że istota ludzka zdołała dojść do takich osiągnięć. I godne podziwu… przede wszystkim godne podziwu.

Chociaż niektórzy twierdzą, że to istoty pozaziemskie dały nam takie wynalazki jak tranzystor, wolę myśleć, że odpowiedzialne za ten podarunek są tylko ludzka ciekawość wiedzy i nasz duch naukowy.

Teraz, za każdym razem, kiedy otworzysz swojego laptopa, użyjesz komórki albo pilota do telewizora czy do otwierania garażu, chyba już

nie uznasz ich za magię ani za czarną skrzynkę, ale za urządzenia, które wykonują miliony operacji matematycznych z maleńkimi ładunkami elektrycznymi w bardzo krótkich okresach. Tylko tyle.

Wszystko mieści się tam w środku.

28
Ile jabłek musiał zużyć Galileusz do doświadczeń z siłą ciężkości?

> Oto przestrzeń kosmiczna. Nie współpracuje.
> W pewnej chwili wszystko pójdzie źle. Wszystko pójdzie źle i pomyślą: Skończyło się. To mój koniec. Mogą zrezygnować albo się wziąć do pracy. To wszystko. Najzwyczajniej niech zaczną.
> Niech obliczą. Niech rozwiążą problem, a potem następny. I jeszcze kolejny. A jeżeli rozwiążą wystarczająco dużo problemów, wrócą do domu.
>
> Mark Watney w filmie *Marsjanin* (2015),
> SCENARIUSZ DREW GODDARD

W naszym codziennym życiu każdego dnia otrzymujemy niezliczoną ilość przekazów i informacji, zwłaszcza teraz, kiedy żyjemy w stałym kontakcie z Internetem, dzięki takim urządzeniom, jak smartfony czy tablety. Rozmowy polityków, przepowiednie wróżbitów, diagnozy ekonomistów, wypowiedzi ludzi, z którymi robi się wywiady na ulicy, opinie fachowców w telewizji… A także informacje naukowe, docierające do nas z uniwersytetów, laboratoriów i innych centrów badań.

Jak odróżnić, które z tych wiadomości są wiarygodne? Na czym polega i czemu służy metoda naukowa?

Metoda naukowa ma wiele odmian i naukowcy nie zawsze natychmiast ją stosują, gdyż niejednokrotnie działają tu takie ważne czynniki, jak intuicja czy łut szczęścia. Możemy jednak posiąść pewną ogólną ideę, na czym ona polega.

Metoda naukowa opiera się na rozmaitych fazach, takich jak: obserwacja natury, formułowanie hipotezy w celu rozwiązania zaobserwowanych problemów, przewidywanie skutków i eksperymentowanie, po to, żeby stwierdzić, czy nasza hipoteza jest słuszna. Jeśli nam się to nie udaje, powinniśmy powtarzać proces aż do znalezienia wiążącej teorii, która następnie może stać się prawem natury.

Jak widzisz, najważniejsze w tej metodzie jest dokładne badanie natury, a nie opieranie się na zebranych naprędce opiniach, ideologiach czy ideach pochodzących z pewnych książek. Eksperyment to twardy dowód, który sprawdza naszą wiedzę, sędzią zaś jest sama natura.

Już starożytni Grecy zaczęli pozyskiwać wiedzę z obserwacji, jednak dopiero w XVI wieku powstała nowoczesna nauka w takim sensie, w jakim ją znamy obecnie. Stało się to przede wszystkim dzięki rewolucji naukowej, której przewodzili: Mikołaj Kopernik, Francis Bacon, Galileusz, Johannes Kepler czy nieco później Isaac Newton. W tamtych czasach popularne były inne formy wiedzy: na przykład z reguły rozwiązywano problemy i wyjaśniano zjawiska, odwołując się do Pisma Świętego czy do dzieł filozoficznych takich autorów, jak Platon i Arystoteles.

Galileusz jako jeden z pierwszych dokonywał eksperymentów fizycznych: studiował ruch, spuszczając kule po równi pochyłej albo ze szczytu Krzywej Wieży w Pizie, jak głosi legenda. W ten sposób badał ruch ciał, ale nie robił tego, opierając się na tym, co mówili greccy mędrcy, tylko z użyciem wiedzy zdobytej własnymi doświadczeniami szukał odpowiedzi w rzeczywistości. Był też pierwszym, który swoje badania przekazał matematycznie. Odtąd językiem nauki stała się matematyka. Sam Galileusz mówił: „Księga natury została napisana językiem matematycznym”.

Podczas rewolucji naukowej, jak to zbadała brytyjska historyk Frances A. Yates, przywiązywano wielką wagę do takich dyscyplin ezoterycznych, jak magia, alchemia czy astrologia – czyli do tzw. tradycji hermetycznej. Kepler i Newton – chociaż nie kładli na to większego nacisku – wiele czasu poświęcali właśnie tym dyscyplinom, które w owej epoce wydawały się im równie obiecujące jak prawdziwa nauka; jedne wizje współżyły z drugimi.

CIEKAWOSTKA POP: Mówi się, że Newton stale poszukiwał kamienia filozoficznego, czyli legendarnej substancji alchemicznej. Wierzono, że potrafi ona zmieniać zwykłe metale (na przykład ołów) w złoto albo srebro, albo w podstawę eliksiru życia, który pozwala ludziom odmłodnieć lub zyskać nieśmiertelność. Jego poszukiwania trafiły później do literatury, a nawet komiksów, o czym dobrze wiecie: na przykład w *Smerfach*, belgijskiego rysownika Peyo, Gargamel, ich wróg, pragnie za wszelką cenę odnaleźć kamień filozoficzny, myśląc, że małe niebieskie ludziki są jednym z podstawowych składników tego specyfiku.

Ani on, ani Klakier dotąd nie zdołali ich złapać.

Dobre w tych naukach jest to, że one również wychodziły od natury i wierzyły, że człowiek może tą naturą operować (co prawda w sposób „magiczny"). I tak z alchemii powstała chemia, z astrologii – astronomia, a z magii – po prostu, ogólnie – nauka; zawsze zgodnie z interpretacją Yates. Okazało się, że nauki ezoteryczne, chociaż w swoim czasie były użyteczne, już straciły znaczenie.

Jeżeli dzisiaj ktoś ci proponuje mapę astralną albo stawianie tarota, powinieneś wiedzieć, że tego rodzaju praktyki już wieki temu zostały usunięte z obszaru wiedzy, chociaż ciągle jeszcze sprzedają się w emitowanych nocą programach telewizyjnych albo w sklepach czy na targach ezoterycznych. To samo dotyczy większości terapii alternatywnych (homeopatia, reiki, aromaterapia itd.) czy teorii

pseudonaukowych (ufologia, radiestezja, parapsychologia). Ta wiedza nie powstała metodą naukową, nie jest oparta na dowodach, nikt się nie pofatygował, żeby ją porównać z rzeczywistością. Tyle że często jest to interes przynoszący duże zyski.

To wszakże nie znaczy, że naukowiec to jedyna osoba o coś wartej wiedzy. Są inne, bardzo szacowne dyscypliny, takie jak prawo czy muzyka, które w zasadzie nie wymagają sprawdzania poziomu wiedzy. Wiedza jest potrzebna w momencie badania świata fizycznego. Próbowano przenieść metodę naukową do nauk społecznych, kiedy odniesiono sukces w takich dyscyplinach, jak chemia czy fizyka, ale udało się to tylko częściowo. Człowiek i społeczeństwo są o wiele bardziej skomplikowane i trudne do studiowania i przewidzenia niż świat atomów czy galaktyk. Dlatego w naukach społecznych nigdy nie udało się tak dokładnie zastosować metod naukowych ani nie osiągnięto tak dokładnych przepowiedni.

Istnieje wielu ludzi, którzy nie ufają nauce i uważają naukowców za rodzaj dyktatorów, ponieważ zawsze chcą mieć rację i narzucać innym swoje zdanie.

Osoby, które tak myślą, nie znają metod naukowych i są przez to najdalsze od rzeczywistości. Naukowcy są raczej więźniami tego, co im dyktuje natura, i nie mogą innym w niczym narzucać swojego zdania. Kiedy natura nie jest jasna, kiedy eksperymenty dokonane przez różnych naukowców są sprzeczne, powstaje przestrzeń dla kontrowersji i wzajemnych dyskusji. Naukowcy są jedynie ludźmi i bywają wśród nich tacy, którzy działają z pobudek egoistycznych albo mają mózg zamknięty na nowe idee. Byli nawet tacy, którzy fałszowali rezultaty swoich badań, byle tylko zyskać sławę. Na szczęście nauka ma potężny system przesiewania: każdy naukowiec na świecie może powtórzyć twój eksperyment (to się nazywa powtarzalność) i krytykować twoją pracę tak długo, aż ją obali, jeśli nie jest poprawna.

Poza tym nauka to system globalny, gdzie wszyscy badacze dzielą się swoimi odkryciami, ogłaszając naukowe publikacje, które wydają i sprawdzają ich koledzy (mówią ci coś tytuły „Nature” czy „Science”?).

Z drugiej strony wiedza naukowa się kumuluje. Newton mówił, że „jeśli widzę dalej, to tylko dlatego, że stoję na ramionach olbrzymów”.

Chodziło o to, że w nauce każde pokolenie wykorzystuje – żeby ją rozszerzyć albo poprawić – wiedzę, jaką miały poprzednie pokolenia. Wiedza to ciąg płynący od dziadków i ojców do synów i wnuków. To ważny nurt, którego nie da się zatrzymać.

Ta forma, która sprawia, że wiedza naukowa jest płynna, to przyczyna wielkiego sukcesu nauki. To nauka zbudowała samoloty, komputery, wyleczyła mnóstwo chorób i przedłużyła nam życie. Jednak to ona również skaziła przyrodę, stworzyła koszmarne bomby atomowe, zdolne zniszczyć ludzkość, oraz zdradziecką broń chemiczną. Robert Oppenheimer, jeden z wynalazców bomby atomowej, miał powiedzieć z rozpaczą, cytując jedną z pieśni hinduizmu: „Stałem się śmiercią, niszczycielem światów".

Z czym nie można dyskutować, to to, że jest ona superpotężnym narzędziem, zarówno kiedy używa się jej w dobrych celach, jak i złych. Jest jak kuchenny nóż, którym można kroić jarzynki, ale można też zamordować bliźniego.

Tak więc choć czasem zdarzają się naukowcy, którzy się mylą albo są uparci, a nawet bezwstydni, nauka zawsze ma tendencje do poprawiania własnych błędów. Właściwie ta ciągła samokrytyka stanowi jej kolejny ciekawy aspekt.

Zauważ: doktryny ezoteryczne czy religijne mówią to samo od setek czy tysięcy lat, natomiast wiedza naukowa się zmienia i poprawia z dnia na dzień! Pomyśl, jak teoria bardziej globalna i ścisła, czyli ogólna teoria względności Einsteina, zastąpiła fizykę Newtona, która chociaż nie była błędna w swoim zakresie działania (nasze życie codzienne), nie mogła sobie zdawać sprawy ze wszystkich zjawisk Wszechświata. Albo to, jak przeszliśmy z traktowania Ziemi jako centrum Wszechświata do heliocentryzmu! Zatem w wiedzy naukowej zmiana jest możliwa w każdej chwili i trudno mówić o czymś jako o prawdzie naukowej. Ale to najlepsze, co mamy, żeby wyjaśniać naturę. Kto wie, może któregoś dnia szeroko akceptowane teorie wyjaśniające świat, takie jak teoria względności czy mechanika kwantowa, ustąpią miejsca innym, bardziej użytecznym i doskonalszym.

Staraj się więc myśleć krytycznie. Nie wierz w nic, co wyczytasz czy zobaczysz na YouTubie. Nawet w moje filmiki, nawet w tę książkę.

Jedyna niezmienna i jedyna absolutna prawda to ta, którą mają nasze matki. Poza tym są wieszczkami, bo mówią ci: „Zaśniesz, zaśniesz…” – i zasypiasz.

29

Jakie miejsca w znanym nam Wszechświecie są najzimniejsze, a jakie najcieplejsze?

Na Ziemi temperatura jest bardzo korzystna. Tak, wiem: jeżeli mieszkasz w Burgos albo w Sorii, nie do końca się z tym zgodzisz. Myślmy jednak pozytywnie: zawsze może być gorzej, można na przykład mieszkać w Ushuaia (Argentyna) albo w Alert (Kanada), czyli w miejscach położonych na Ziemi najdalej na południe i najdalej na północ. Kiedy zatem mówię o korzystnej temperaturze, to nie znaczy, że możesz się przy niej opalać na plaży, ale że na naszej planecie średnia temperatura jest idealna dla istnienia życia.

Ciało ludzkie funkcjonuje w temperaturze od 35 do 37°C. Jeżeli nasza temperatura podnosi się, to zły znak: mamy gorączkę; jeżeli termometr wskazuje mniej, możemy mieć hipotermię. Odpowiednia temperatura jest jednym z najważniejszych parametrów podczas poszukiwania życia poza naszą planetą – czymś, czego na razie nie udało nam się znaleźć. Czasami w wirze codziennego życia nie zdajemy sobie sprawy z tego, jacy jesteśmy wyjątkowi, jacy samotni we Wszechświecie i jakie to wszystko jest kruche i niestałe.

Ale zawsze może być gorzej – prawo Murphy'ego jest nieubłagane.

Gdybyśmy zostali wyrzuceni w przestrzeń zewnętrzną, zamarzlibyśmy w temperaturze minus 270°C, czyli w średniej temperaturze przestrzeni kosmicznej (ależ ten Wszechświat jest zimny!). Natomiast gdybyśmy mieli „szczęście" spaść na jakąś gwiazdę, usmażylibyśmy się w tysiącach stopni jej wnętrza.

Nawet na naszej Ziemi istnieją temperatury, w których człowiekowi trudno przeżyć: mrozy na biegunach, upały na pustyniach, Sewilla 15 sierpnia…

W każdym razie istnieją bakterie, zwane ekstremofilami, które mogą żyć w temperaturach wyższych od 70°C (te dokładnie nazywają się hipertermofilami i mogą przebywać w podmorskich dymiących szczelinach wulkanicznych czy bardzo gorących wodach termalnych).

Ekstremofile (od łacińskiego *extremum* – 'skrajność' oraz greckiego *philia* – 'uczucie, miłość') są mikroorganizmami, które są zdolne przeżyć nawet w temperaturach wyższych od 100°C (zawsze tam, gdzie istnieje woda w stanie ciekłym, jak na przykład w gejzerach), poza tym w bardzo wysokim ciśnieniu (na przykład w Rowie Mariańskim), w środowiskach tak zakwaszonych jak kwas w bateriach, a nawet w przestrzeni kosmicznej! Nie to jednak jest najbardziej zadziwiające: najlepsze, że syntetyzują one materię nieorganiczną w organiczną (jak fotosynteza dokonywana przez rośliny) w procesie zwanym chemosyntezą i są w stanie przetwarzać siarkę, krzem i inne pierwiastki chemiczne (czasem wysoce trujące) na substancję organiczną, którą mogą odżywiać się inne żywe organizmy… Od lat są badane, ponieważ mogą obniżać stopień szkodliwości materii toksycznych, niszczycielskich czy niekorzystnych dla środowiska naturalnego, a w obrębie medycyny sprawdza się, w jaki sposób potrafią samodzielnie naprawiać swoje DNA.

Jeszcze coś. Skoro ekstremofile są w stanie przetrwać w tak skrajnych warunkach i dokonywać chemosyntezy, kto teraz stwierdzi z pewnością, że istnienie życia na innych planetach nie jest możliwe tylko dlatego, że jest tam bardzo zimno albo bardzo gorąco, albo że ich środowisko jest trujące?

Ekstremofile możemy zaobserwować na naszej planecie w każdego rodzaju środowisku, jak w termalnym źródle Grand Prismatic Spring w Parku Narodowym Yellowstone, w żywych i lśniących barwach, w zależności od rodzaju substancji nieorganicznej, którą syntetyzują…

Jakiego jednak rodzaju temperatury istnieją we Wszechświecie?

Żeby poruszyć ten problem, dobrze będzie odświeżyć najpierw pamięć: jak wyjaśniliśmy w drugim rozdziale tej książki, temperatura to

po prostu wibracja cząsteczek, z których wszystko się składa. W szklance z ciepłą wodą cząsteczki wibrują bardziej niż w szklance z zimną. Kiedy już bardzo wibrują, zaczynają się odrywać od powierzchni wody i przechodzą w stan gazowy w postaci pary wodnej; kiedy wibrują coraz mniej, zaczynają tworzyć ciało stałe, czyli lód. Zatem to, co nasze zmysły postrzegają jako zimno czy ciepło, jest po prostu wibracją tych mikroskopijnych cząsteczek.

Teraz już możemy spytać, czy istnieje najniższa temperatura i ile ona wynosi. Skoro wiemy, że temperatura to wibracja, rozumiemy także, że najniższą możliwą temperaturą będzie taka, w której cząsteczki w ogóle przestają się poruszać. Jak już wiemy, taka temperatura istnieje i nazywa się zerem absolutnym: jest to minus 273,15°C (albo 0 kelwinów). Zauważ, że średnia temperatura we Wszechświecie wynosi 3 K, zaledwie trzy stopnie powyżej zera absolutnego, co obliczyli naukowcy, obserwując mikrofalowe promieniowanie tła – coś w rodzaju pozostałości po Wielkim Wybuchu.

Oczywiście nie cały Wszechświat ma tak niską temperaturę. Zatem jaka może być najwyższa temperatura, jaka istnieje?

Odpowiedź na to pytanie jest znacznie trudniejsza: to temperatura, w której wibracja cząsteczek jest najwyższa. I tu pojawia się nowy stan skupienia materii: kiedy cząsteczki gazu najbardziej wibrują, rozkładają się na atomy, a te z kolei rozkładają się na swoje części elementarne, czyli elektrony i jądra atomowe. Ten stan rozłożenia materii na najmniejsze elementy nazywa się plazmą i jest stanem najgorętszym. Mamy zatem cztery stany skupienia: stały, płynny, gazowy i plazmę.

Ale konkretniej: jakie są najzimniejsze, a jakie najcieplejsze miejsca w znanym nam Wszechświecie?

Jako najzimniejszy zazwyczaj wymienia się obiekt zwany Mgławicą Bumerang (pierwsi astronomowie, którzy ją zaobserwowali, uznali jej kształt za podobny do bumeranga), znajdujący się o około 5000 lat świetlnych od Ziemi w gwiazdozbiorze Centaura. Jego wyjątkową cechą jest temperatura wynosząca około 1 K, czyli minus 272,15°C, według pomiarów z 1995 roku, dokonanych teleskopem submilimetrowym w obserwatorium La Silla w Chile. To najniższa temperatura zaobserwowana w sposób naturalny, poza laboratorium naukowym,

a także jedyny obiekt z najniższą temperaturą, który wydziela kosmiczne promieniowanie mikrofalowe.

Dlaczego Mgławica Bumerang jest aż tak zimna? Ponieważ jest to gaz o gwałtownej ekspansji, wywołanej przez umierającą gwiazdę, a – jak głoszą proste zasady termodynamiki – kiedy gaz się rozpręża, oziębia się, a kiedy się spręża – ociepla. Możliwe, że kiedy nasze Słońce będzie umierać, zmieni się w coś równie zimnego.

No, ale do tego mamy jeszcze dużo czasu.

W laboratorium sprawy wyglądają inaczej. Jedną z najbardziej zbliżonych do zera absolutnego temperatur osiągnął w laboratorium MIT (Massachusetts Institute of Technology) wraz z zespołem Wolfgang Ketterle, laureat Nagrody Nobla, któremu w 2003 roku udało się uzyskać temperaturę 450 pikokelwinów! Przy takich temperaturach większość materiałów zamarza; pojawia się jednak także, jak w płynnym helu, tak zwany stan nadpłynności, czyli stan materii charakteryzujący się brakiem lepkości.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Jak zobaczymy w kolejnym rozdziale, materiały nadciekłe zachowują się dziwnie z powodu swojej kwantowej natury. Na przykład mogą się wspinać po brzegu szklanki i nawet z niej wychodzić, mogą się też przedostawać przez ściany. :o

Najwyższą temperaturę ma chmura gazów otaczająca gromadę galaktyk, zwana RX J1347, znajdująca się o 5 miliardów lat świetlnych (na szczęście) od naszej planety w gwiazdozbiorze Panny; jest to 300 milionów stopni Celsjusza.

Tę temperaturę zmierzył japoński satelita – teleskop kosmiczny z dziedziny astronomii rentgenowskiej – o nazwie Suzaku. Nie jest jasne, czemu jest aż tak gorąca. Może to zawdzięczać ogromnej prędkości zderzania się galaktyk znajdujących się wewnątrz tego obszaru, w każdym razie wiadomo, że jest to najwyższa dotychczas

wykryta temperatura i prawdopodobnie powstała podczas Wielkiego Wybuchu. Sam środek Słońca – dla porównania – ma temperaturę zaledwie 15 milionów kelwinów.

Jeżeli to porównamy, można by powiedzieć, że wokół tej naszej gwiazdy jest po prostu chłodno.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Jakie jest najzimniejsze miejsce we Wszechświecie? I to nie jest Soria…”.

Odpowiedzieliście:

Instagram:

paulavives12: Moje łóżko, kiedy się kładę, a prześcieradło nie jest nagrzane.

archeo: Mój narzeczony uważa, że to moje gołe stopy na jego plecach, kiedy się kładziemy do łóżka.

pieropippo3: Serce mojej eks.

wtf2018: Droga z łazienki do sypialni po wyjściu spod prysznica.

Facebook:

Maria López: Friendzone.

Pedro Villarío: Uścisk mojej teściowej. Zero absolutne i to tylko dlatego, że mniej już być nie może…

30
Co wspólnego mają ze sobą LSD i serendypność?

Nigdy ci się nie zdarzyło, że osiągnąłeś coś bez planowania, po prostu miałeś szczęście?

To zdarza się również naukowcom. W rozdziale 28 mówiliśmy, na czym polega metoda naukowa, czyli sformułowanie hipotezy i projektowanie doświadczeń, które ją potwierdzą albo jej zaprzeczą (w tym ostatnim wypadku badania należy prowadzić nadal). Metoda naukowa nie jest wszakże czymś sztywnym i bardzo często odkrycia są dokonywane po prostu dzięki łutowi szczęścia. Naukowcy to przecież tacy sami ludzie jak inni, też miewają szczęśliwe trafy i przypadkiem odkrywają różne rzeczy; co prawda, wiadomo, że tylko ich wiedza i mozolna praca pozwalają im zrozumieć szczegóły czy wykorzystać sytuacje, które dla innych byłyby po prostu niezauważalne.

Takie przypadki otrzymały angielską nazwę *serendipity,* po polsku możemy to nazwać „serendypność": termin ten został ukuty w XVIII wieku przez brytyjskiego pisarza Horace'a Walpole'a – od starej perskiej legendy pod tytułem *The Three Princes of Serendip*.

Serendip to starożytna nazwa wyspy, obecnie znanej jako Sri Lanka. W tej legendzie bohaterowie rozwiązują problemy za pomocą niewyobrażalnych przypadkowych sytuacji. W 1955 roku szacowny amerykański miesięcznik „Scientific American" (w polskiej wersji – „Świat Nauki") użył tego terminu na nowo na określenie właśnie takiego rodzaju odkryć, które można nazwać „wartościowym odkryciem, uzyskanym przypadkowo lub dzięki szczęściu".

Serendipia w nauce zachodzi wtedy, kiedy jakiś naukowiec, lub zespół naukowców, poszukuje czegoś, a ostatecznie znajduje coś innego, niespodziewanego. Ma to również swoją wartość, ponieważ niejednokrotnie takie „poboczne" odkrycie nie jest łatwe i należy uważać, żeby zdać sobie sprawę z ważności tego, co się ma przed sobą. Jest na to wiele przykładów.

BOHATEROWIE BEZ PELERYN: Jednym z najbardziej znanych jest przypadek odkrycia penicyliny przez szkockiego mikrobiologa Alexandra Fleminga.

Był rok 1928. Fleming wracał do laboratorium po trzech tygodniach wakacji. Zostawił tam przez roztargnienie jakieś płytki z koloniami bakterii *Staphylococcus aureus* (gronkowiec złocisty). Na płytce narosła przypadkiem jakaś pleśń, która, jak się wydawało, przeszkodziła rozmnażaniu się bakterii. Chorobotwórcze bakterie gronkowca nie rosły wokół tej pleśni, czyli w jakiś sposób ta pleśń (której nie powinno tam być) zabijała bakterie. Ta pleśń okazała się gatunkiem pędzlaka – grzyba mikroskopowego *Penicillium notatum*, stąd Fleming nazwał tę substancję penicyliną.

Wówczas rozpoczęła się w medycynie epoka antybiotyków.

To odkrycie, aczkolwiek przypadkowe, nie było przez to mniej ważne; przeciwnie, zmieniło historię medycyny. Fleming otrzymał za nie w 1945 r. Nagrodę Nobla wspólnie z amerykańskimi chemikami Ernstem Borisem Chainem i Howardem Walterem Floreyem, którzy podczas II wojny światowej zdołali tak oczyścić tę substancję, że można ją było aplikować ludziom i skomercjalizować. Dzięki odkrytym wtedy antybiotykom udało się zwalczyć wielką liczbę mikroorganizmów atakujących ludzkie ciało, ratując w ten sposób miliony istnień i zwiększając nadzieję na lepsze i zdrowsze życie całej ludzkości.

To się nazywa mieć szczęście! O tak, wielkie szczęście; jednak należy pamiętać, że Fleming był znakomitym naukowcem, a do tak przełomowego

odkrycia doprowadziło wykrycie przez niego tej nieregularności i jej zgłębienie.

Innym przykładem serendypności jest odkrycie struktury benzenu przez niemieckiego chemika Friedricha Augusta Kekulé.

Ta cząsteczka, węglowodór aromatyczny, ma mnóstwo zastosowań w przemyśle chemicznym: używa się jej do wyrobu gumy, farb, detergentów, pestycydów, lekarstw itd.; znajduje się nawet w dymie papierosowym. Z chemicznego punktu widzenia charakteryzuje się tym, że niektóre z jej atomów mają formę pierścienia. Odkrycie tej budowy, powszechnej u wszystkich związków aromatycznych, zawdzięczamy właśnie Kekulé.

Kiedy po dwudziestu pięciu latach od odkrycia Niemieckie Towarzystwo Chemiczne składało mu hołd, naukowiec opowiedział, co się wtedy wydarzyło.

Po roku badań pierścieniowa budowa benzenu… przyśniła się Kekulé jako wielki wąż gryzący własny ogon, jak uroboros – symbol starożytnych Egipcjan i Greków, a także alchemików, który wyraża wieczny powrót rzeczy (tutaj powiedzielibyśmy „rybka, która zjada własny ogon”, ale naprawdę nie jest to aż tak sugestywne). Anegdota Kekulé nie brzmi zbyt naukowo, poza tym nie jest pewne, czy mieści się w pojęciu serendypności, zajmuje jednak ciekawe miejsce w historii nauki.

Na listach odkryć w formie serendypności można znaleźć wynalezienie telefonu przez Alexandra Grahama Bella, modelu atomu przez Nielsa Bohra (też mu się przyśnił), teflonu przez Roya J. Plunketta czy częściowe odkrycie przez szwajcarskiego chemika Alberta Hofmanna LSD – halucynogenu, dietyloamidu kwasu lizergowego, który zrobił furorę wśród hipisów i otworzył wrota nowym wymiarom psychodelicznym.

W 1938 roku Hofmann pracował w laboratoriach firmy Sandoz Laboratories w Bazylei, próbując wyprodukować pewne lekarstwa z grzybów w kłosach żyta (zwanych sporyszem). Tam zsyntetyzował

LSD. Ponieważ nie okazało się ono od razu użyteczne, składowano je aż do 1943 r., kiedy znowu się nim zajęto. Wtedy, podczas przeprowadzania eksperymentu, środek przypadkowo zetknął się ze skórą palców i wniknął do wnętrza organizmu. Chemik odczuł dziwne mdłości i wrażenia, tak że musiał wyjść z laboratorium, pójść do domu i położyć się do łóżka. W umyśle Hofmanna w ciągu dwóch godzin pojawiły się fantastyczne światy, barwne kalejdoskopy, rozmaite postacie i dźwięki...

Odtąd, po kilku „złych podróżach", Hofmann zaczął badać możliwości używania swojego nowego odkrycia w świecie psychiatrii, chociaż LSD raczej prosperowało jako narkotyk.

Takie wynalazki, jak kuchenki mikrofalowe czy viagra, to też owoc przypadku, a nawet rezultat nieudanych eksperymentów w poszukiwaniu rozwiązań zupełnie innych od uzyskanych.

Tak się stało w następującym przypadku: w 1970 roku chemik Spencer Silver zamierzał wynaleźć jakiś potężny klej, jednak rezultaty nie były takie, jakich się spodziewał. Zdał sobie sprawę, że klej jest wystarczająco mocny, żeby przyczepiać małe karteczki zapełniające jego stół, ale też wystarczająco słaby, żeby nie zostawiać śladu, gdyż można je było z łatwością odklejać.

W ten sposób powstały kartki samoprzylepne, zwane *post-it*.

Co do mikrofali, to w 1946 roku inżynier Percy Spencer z Raytheon Company odkrył z gniewem, że tuba, którą wypróbowywał, zwana magnetronem (przetwarza energię elektryczną na elektromagnetyczną i jest stosowana od 1930 r. do budowy radarów), roztopiła czekoladkę w jego kieszeni. Kiedy już się uspokoił, zaczął robić eksperymenty z innymi potrawami w małym metalowym pudełku, poddanym działaniu fal o niskiej gęstości z małego magnetronu.

A stąd już był tylko krok do robienia prażonej kukurydzy w ciągu trzech minut.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Co do viagry, to historia tej niebieskiej tabletki, która pomaga mężczyznom na całym świecie w chwilach słabości, jest jeszcze ciekawsza, niż myślicie. Została zaprojektowana dla chorych na nadciśnienie lub dusznicę bolesną. Jakież było zaskoczenie pielęgniarek szpitala w Morriston w Walii podczas pierwszych prób, kiedy się okazało, że pacjentom, którzy ją zażyli, tylko nieco poprawił się stan serca, natomiast o wiele bardziej „wzrósł" poziom ich zadowolenia z życia.

Serendypność przekracza zresztą granice dyscyplin naukowych. Na przykład, jak zauważa Umberto Eco, odkrycie Ameryki w 1492 roku przez Krzysztofa Kolumba też miało związek z przypadkiem: trzy karawele Kolumba płynęły przecież do Indii Wschodnich i tylko niechcący natknęły się na ogromny kontynent, o którym nie wiedział nikt ze Starego Świata.

Zatem czas na ostatnie porady: Po pierwsze – miej na uwadze, że szczęście, jak to powiedział Picasso, może ci się przydarzyć w pracy (natomiast kiedy leżysz w łóżku i przeglądasz WhatsAppa, mało prawdopodobne, że coś ci się przytrafi). Po drugie – bądź bardzo uważny, kiedy zdarzy ci się serendypność; tylko najbardziej przenikliwi ludzie potrafią zidentyfikować jedną z tych chwil przeznaczenia jako okazję do osiągnięcia nowych, rewelacyjnych odkryć. Dlatego, choć mówimy tu o losie i szczęściu, to nie wystarczy.

Z tego powodu nigdy nie życzę szczęścia moim studentom przed egzaminem. Wolę im powiedzieć: „Niech moc będzie z wami".

31
Czasoprzestrzeń wibruje

Dawno, dawno temu, w bardzo odległej galaktyce (nie, to nie jest początek *Gwiezdnych wojen*) zderzyły się ze sobą dwie czarne dziury w jednym z najgwałtowniejszych i energetycznych zdarzeń, jakie mogą zajść we Wszechświecie. To, co z tego pozostało, to czarna dziura, większa i wirująca. Zderzenie było tak gwałtowne i energetyczne, że spowodowało drgania samej czasoprzestrzeni. Wibracja zaczęła się rozprzestrzeniać, tak jak rozprzestrzeniają się fale spowodowane przez kamień rzucony do spokojnego stawu – tyle że z prędkością światła.

Miliard czterysta milionów lat po tym wydarzeniu te perturbacje, oczywiście bardzo osłabione, dotarły do pewnej małej planety, obracającej się wokół średniej wielkości gwiazdy w kąciku jednej z mnóstwa galaktyk – Drogi Mlecznej.

Podczas ich emisji, na owej planecie dopiero zaczynały się pojawiać formy życia, rozmnażające się drogą płciową, jednak z chwilą, kiedy się tam pojawiły, planeta ta posiadała coś specjalnego: inteligentne życie (chociaż, obserwując to, co wyprawiamy z naszą planetą, czasem mam wątpliwości co do tego „inteligentnego"). Życie ludzkie.

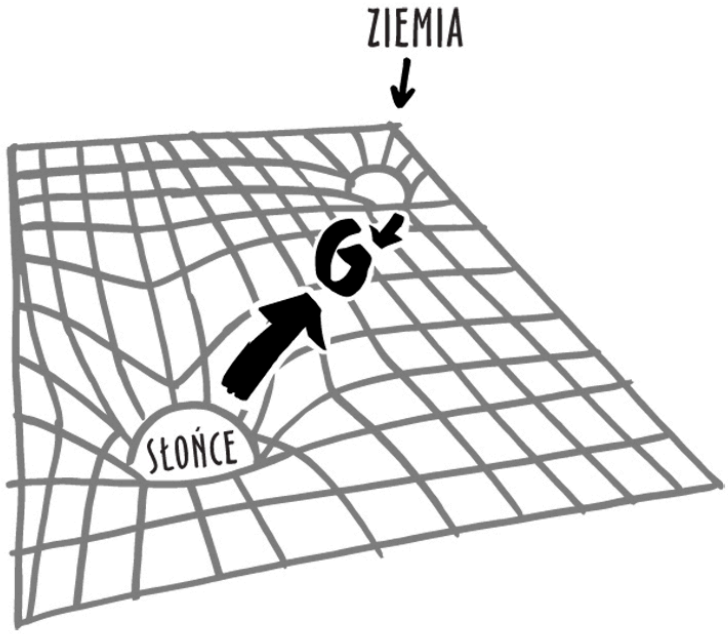
I na Ziemi, czyli na tej małej planecie, istoty ludzkie rozwinęły wyrafinowaną technologię, mającą wykrywać owe mikroskopijne sygnały.

Był 14 września 2015 roku, lato, godzina 5.51 na wschodzie Stanów Zjednoczonych, kiedy po raz pierwszy ów sygnał – fale grawitacyjne – został wykryty.

Wraz z bozonem Higgsa to odkrycie fal grawitacyjnych stało się jednym z największych odkryć naukowych ostatnich lat. W 2017 roku

zarówno Nagroda Nobla w dziedzinie fizyki, jak i Nagroda Księcia Asturii przypadły umysłom, które doprowadziły do tego odkrycia. Są to: Kip S. Thorne, Rainer Weiss i Barry C. Barish.

Oprócz swojej czysto naukowej pracy Kip S. Thorne jest jednym z tych charyzmatycznych naukowców, którzy znani są również jako bohaterowie wielu anegdot: kiedyś na przykład założył się ze swoim przyjacielem Stephenem Hawkingiem o subskrypcję erotycznego magazynu „Penthouse", że istnieją czarne dziury. Był też doradcą naukowym w trakcie kręcenia filmu *Interstellar,* w którym problemy grawitacyjne zajmują bardzo wiele miejsca. Sama jednak idea fal grawitacyjnych jest o wiele starsza: została zapowiedziana już sto lat przed ich odkryciem, w 1915 roku, kiedy to genialny Albert Einstein ogłosił swoją ogólną teorię względności, zgodnie z którą obecnie rozumiemy Wszechświat.



Według teorii względności czasoprzestrzeń jest jakby rodzajem rozciągniętej membrany, w której wszyscy żyjemy. Wielkie masy, takie jak gwiazdy i planety, deformują tę membranę, zakrzywiają ją i dlatego w nią „wpadamy". To zakrzywienie to grawitacja. W rzeczywistości nasze własne ciała, kule bilardowe czy motyle także ją zakrzywiają,

jednak nasza grawitacja jest bardzo mała w porównaniu z wielkimi obiektami niebieskimi.

Newton mówił, że grawitacja jest siłą ciężkości, niewidocznym, niemal magicznym przyciąganiem. Einstein wyjaśnia, że jest to raczej kwestia geometrii. W taki sposób masa zmienia kształt przestrzeni. Istnieje zdanie, które w łatwy sposób określa tę teorię: masa mówi przestrzeni, jak się zakrzywiać; przestrzeń mówi masie, jak się poruszać.

Fale grawitacyjne to wibracje struktury czasoprzestrzeni, podobne, jak już mówiliśmy, do fal na stawie, do płótna żaglowego czy do elastycznego łóżka. Tylko tutaj to, co wibruje, to nie powierzchnia stawu czy płótna, ale sama czasoprzestrzeń. Trudno to sobie wyobrazić, ale tak jest: to wibruje sama struktura rzeczywistości.

Ogólna teoria względności została potwierdzona na wiele sposobów. Na przykład przewidziała pewne anomalie w orbicie planety Merkury. Brytyjski astrofizyk Arthur Eddington podczas zaćmienia w 1919 roku zweryfikował nawet zakrzywienie promieni światła wysłanych przez odległą gwiazdę w polu grawitacyjnym Słońca. Tak! Chociażby to było intuicyjne, a nasze minimalne doświadczenie w stosunku do skali tego, co się dzieje we Wszechświecie, sugeruje nam coś przeciwnego, to światło nie zawsze biegnie po linii prostej; ono także się zakrzywia. Fale grawitacyjne były wszak zapowiedzią tego, czego brakowało, by to udowodnić. Ich wykrycie w świecie fizycznym pozwoliło na potwierdzenie raz jeszcze, że Einstein miał rację.

Ale w jaki sposób udało się wykryć te fale i dlaczego okazały się tak „nieuchwytne”?

Narzędziem używanym do obserwowania owych fal nie jest, jak zazwyczaj, teleskop, ale wielka naukowa instalacja zwana LIGO (Laser Interferometer Gravitational Wave Observatory), czyli detektor fal grawitacyjnych. Ta instalacja jest złożona z dwóch amerykańskich obserwatoriów: w Livingstone (w stanie Luizjana) oraz w Hanford (w stanie Waszyngton), oddalonych od siebie o ponad 3000 kilometrów. Każde z nich jest interferometrem laserowym o dwóch prostopadłych ramionach o długości czterech kilometrów każde.

Spróbujmy to w miarę prosto wyjaśnić: do obu ramion na raz wpuszczany jest promień laserowy, który odbija się od luster zawieszonych na końcach ramion i wraca do centrum urządzenia (styku ramion). Tam oba promienie interferują ze sobą. Wzór interferencyjny zmienia się, gdy czasoprzestrzeń wydłuża się lub skraca podczas przechodzenia przez instrument fali grawitacyjnej. Ramiona są dwa, żeby uniknąć niewłaściwych obliczeń, spowodowanych na przykład przez ruchy sejsmiczne.

LIGO zaczęło się rozwijać w latach osiemdziesiątych XX wieku dzięki pomysłom między innymi Kipa Thorne'a i Rainera Weissa, a kosztowało 365 milionów dolarów.

Po pierwszym wykryciu nastąpiły dalsze. Na przykład w sierpniu 2017 roku zarejestrowano zderzenie dwóch gwiazd neutronowych, oddalonych od Ziemi o 130 milionów lat świetlnych. Zatem obserwacja fal grawitacyjnych nie jest jedynie potwierdzeniem ogólnej teorii względności, ale jest też ogromnie użyteczna, otwiera bowiem zupełnie nową gałąź astronomii: astronomię fal grawitacyjnych.

Dotychczas astronomowie przeszukiwali niebo za pomocą światła widzialnego albo promieni X, czy też ultrafioletowych lub podczerwonych – teraz mogą liczyć na nowych sojuszników. Dzięki falom grawitacyjnym będą umieli zbadać niektóre z wysokoenergetycznych zjawisk Wszechświata, jak na przykład: zderzenia galaktyk, zjawiska związane z czarnymi dziurami czy też wybuchy supernowych.

Na szczęście te zdarzenia są od nas oddalone o miliony lat świetlnych, więc nam nie zagrażają.

32
Czy jesteś człowiekiem o umyśle ścisłym, czy artystycznym?

A ty kim jesteś? Masz umysł ścisły czy artystyczny?

Z pewnością nie raz zadawano ci takie pytanie. Możliwe nawet, że sam zadeklarowałeś swoją przynależność do jednej czy drugiej grupy osób.

„Ja tam mam umysł artystyczny, nie każcie mi obliczać, po ile każdy płaci za kolację!" Albo: „Jestem umysłem ścisłym, proszę mi nie zadawać pytań o sztukę czy literaturę".

Nic dziwnego: już w szkole dzielą nas na dwie zdecydowanie różniące się grupy (co za mania przyczepiania etykietek!): na tych, którzy będą studiowali prawa, jakimi rządzi się natura, i jej osobliwości (i którzy wyciągną stąd naukowe użyteczności i technologie), oraz na tych, którzy poświęcą się zgłębianiu duszy człowieka, jego myśli, historii, jego języków (i którzy będą studiowali nauki o człowieku albo rzucą się w wir jakiejś twórczości artystycznej). Są to dwa zakresy wiedzy o zróżnicowanych tematach i o metodach również niejednakowych, chociaż nauki humanistyczne – dzięki sukcesowi metody naukowej – stopniowo stają się bardziej naukowe i matematyczne (tu sukces nie jest już aż tak wielki, gdyż natura jest o wiele bardziej przewidywalna niż ekonomia, historia czy ludzka psyche).

Brytyjski fizyk i powieściopisarz C.P. Snow przeszedł do historii dzięki temu, że wygłosił słynną przemowę w Senate House w Cambridge pod tytułem *The Two Cultures and the Scientific Revolution*; mówił w niej o schizmie, jaka zachodzi pomiędzy studiującymi nauki

ścisłe a humanistami. Snow uważał, że ów brak porozumienia, brak wielodyscyplinarności może stać się problemem w chwili, kiedy trzeba będzie stawić czoło wyzwaniom, przed którymi już swego czasu stanęła ludzkość.

Należy powiedzieć, że tekst Snowa nie był całkowicie obiektywny, ponieważ fizyków ukazał jako bohaterskich przywódców postępu, podczas gdy literaci w jego ujęciu zostali utożsamieni z reliktami skostniałej, tradycyjnej kultury, stanowili przeciwników jakiegokolwiek rozwoju (prawdę mówiąc, jego wystąpienie wywołało wiele gwałtownych polemik).

Ale nie o to chodzi.

Jest pewne, że czasem humaniści i „przyrodnicy" nie tylko się nie rozumieją, ale nawet nie próbują się porozumieć. Chociaż istnieją pewne asymetrie.

Bycie „osobą kulturalną" zazwyczaj wiąże się z posiadaniem pewnego bagażu kulturalnego raczej na tematy humanistyczne niż naukowe. Na przykład uważa się za „brak kultury", jeżeli ktoś nie zna pewnych podstawowych danych na temat rewolucji francuskiej czy nie czytał *Don Kichota*. Nikomu jednak nie wyda się „brakiem kultury" nieznajomość sprzeczności praw Newtona czy drugiej zasady termodynamiki, czyli podstawowego prawa natury, które opisuje cały nasz świat. Obecnie coraz częściej można usłyszeć, że „nauka to także kultura".

Przez wiele lat w środkach masowego przekazu nauka była spychana do bardzo ograniczonych przestrzeni; teraz jednak mam dobre wiadomości: w ostatnich latach najważniejsze środki przekazu wydają się bardziej zajęte nauką i jej rezultatami, publiczność zaś żąda z każdym dniem więcej takich informacji. Zdaje mi się, że aż takie nimi zainteresowanie może mieć źródło w rewolucji technicznej, w jaką jesteśmy zamieszani, to zaś może doprowadzić ludzkość do pytania, jak się wynajduje te wszystkie cuda, których używamy, i czym jest to coś, co nazywa się „nauką" i co je produkuje.

Być może ten szczyt zainteresowań złagodzi nieco tradycyjny „brak kultury naukowej", na jaki cierpi Hiszpania i wiele innych krajów świata.

Hiszpańska Fundacja Nauki i Techniki (FECYT) prowadzi liczne badania na temat społecznej percepcji nauki, które wyznaczają tempo tego, co ludzie wiedzą o nauce i co myślą o nauce i naukowcach. W ósmej edycji z 2017 r. wiadomości okazały się dobre. Odsetek Hiszpanów, którzy z zainteresowaniem śledzą postępy nauki, wzrósł z 6,9% w 2004 do 16% w 2016 roku, czyli zanotowano 132-procentowy wzrost! Z drugiej strony 44,2% uważa, że ich znajomość nauki jest niska lub bardzo niska (co prawda w stosunku do poprzednich 47,1% nastąpiła pewna poprawa).

Kolejne ciekawe dane: chociaż żyjemy w świecie do głębi naukowo-technicznym (i to coraz bardziej), powołań naukowych nie jest zbyt wiele: w 2015 roku Komisja Europejska zapowiedziała, że w 2020 roku będzie 900 000 wolnych technicznych stanowisk pracy na całym terytorium Unii.

Kariery naukowe i inżynierskie mają zatem niezwykłe możliwości rozwoju, tymczasem młodzi ludzie nie wybierają ich wystarczająco często, firmy zaś z trudem znajdują odpowiednią liczbę potrzebnych fachowców. A od tego przecież zależy i ekonomia, i ogólny rozwój.

Nauki humanistyczne są i nadal będą potrzebne w naszej cyfrowej epoce; jak twierdzą eksperci, jednym z ich głównych zadań będzie poprowadzenie człowieka tak, żeby w tym oszałamiającym rozwoju technologicznym nie zapomniał, dokąd powinien dążyć w życiu.

Dlaczego tak kochamy technologię? Jak sprawić, żeby dała się pogodzić z utrzymaniem ludzkiej kultury? Posthumanizm, roboty, zniszczenie ekologiczne… W jaki sposób postępować z tymi wyzwaniami?

Jest ktoś, kto występuje w obronie trzeciej kultury, która przewyższa tamte dwie.

To przypadek amerykańskiego wydawcy Johna Brockmana, który wraz ze swoją Edge Foundation walczy w imię tej idei. Zdaniem Brockmana intelektualistami przyszłości (i teraźniejszości) będą ci, którzy zajmą się codziennymi problemami ludzkości we wszystkich aspektach, zarówno z punktu widzenia empirycznego, jak i naukowego (i nie komentując Nietzschego, Freuda, Marksa ani francuskich strukturalistów); dlatego będą wychodzili od dyscyplin naukowych.

Taki też jest przypadek psychologa ewolucjonisty Stevena Pinkera (który w swoich pracach broni teorii, że obecnie żyjemy w najmniej gwałtownych i agresywnych czasach w historii ludzkości); takiż biologa darwinisty Richarda Dawkinsa (znanego również ze swojego bezlitosnego ateizmu) czy filozofa Daniela Dennetta (oddał się on badaniu tak trudnego i niewdzięcznego problemu, jakim jest studiowanie ludzkiej świadomości).

Nie idąc już dalej, praca językoznawców i filologów, we współpracy z informatykami i inżynierami, pozwala na rozwój wielu aplikacji: rozpoznawania głosu, automatycznych tłumaczy, korektorów ortograficznych, poprawek znaczeniowych w badaniach oraz setek innych, których używamy na co dzień.

A jeżeli mi nie wierzysz, zapytaj o to Siri, głosowego asystenta w każdym iPhonie!

Ważne, żeby przestać myśleć „szufladkowo" i interesować się wszystkimi sprawami naszego świata, niezależnie od tego, w jakiej szufladzie się znajdują. Niech fizycy interesują się historią, a filolodzy biologią. Jak powiedział Snow: w ten sposób ludzie łatwiej poradzą sobie z problemami, jakie im przyniesie przyszłość. Ja zaś radzę, żebyś interesował się wszystkim, co cię otacza, czy to będą zjawiska przyrody, czy ludzkie; i żebyś, gdy cię spytają, jaki masz umysł: ścisły czy humanistyczny, odpowiedział: Oba!

Teraz będzie ci wszystko jedno, czy wybierzesz zielony, czy żółty kolor w grze Trivial Pursuit – będziesz właściwie niezwyciężony.

33
Ile trzeba pająków, żeby zahamować boeinga 747?

Chociaż większość ludzi boi się pająków, mnie one fascynują; możesz mnie oczywiście nazwać dziwakiem.

Albo pajęczakiem, jak Peter Parker, chłopak, którego na jakiejś naukowej wystawie ukąsił radioaktywny pająk i który dzięki temu zyskał oszałamiającą ponadnaturalną moc, podobną do siły tych zwierzątek: supersiłę, superzwinność, pajęcze zmysły oraz możliwość wspinania się po ścianach. Ten chłopak w końcu zmienia się w Spidermana, kolejnego superbohatera komiksów Marvela, stworzonego w 1962 roku, w piętnastym numerze pisma „Amazing Fantasy", przez scenarzystę Stana Lee (tego samego szefa Marvela, który zawsze pojawia się w krótkich epizodach w każdym z ostatnich filmów tej wytwórni) i rysownika Steve'a Ditko.

Odtąd Człowiek Pająk zyskał niewiarygodną popularność (niemal wszystkie nieśmiałe dzieciaki i trochę zapaleńców zawsze się z nim identyfikują), ale od premiery ostatnich filmów sukcesy się skończyły.

Nawet ja użyłem Spidermana w jednym z moich filmów wideo, w tym, w którym wyjaśniam zasadę wahadła. Musiałem wtedy obejrzeć wszystkie filmy z tym superbohaterem raz jeszcze, ponieważ nie pamiętałem, w którym z nich usłyszałem jedno genialne zdanie – idealne do zilustrowania mojego ćwiczenia. I znalazłem je, chociaż kosztowało mnie to mnóstwo czasu.

Prawo Murphy'ego jest nieubłagane i dopiero podczas oglądania ostatniego (nie oglądałem ich w kolejności) udało mi się natrafić na ową scenę: tę, w której dwóch studentów, chyba fizyki, spacerując po

kampusie, dyskutuje na temat masy Spidermana i jeden z nich mówi: „Czy wiesz, że waga jakiegokolwiek wahadła nie wpływa na okres jego drgań?”.

Znakomicie mi to pasowało.

Ale wróćmy do pająków i do wiedzy, jaka je otacza – o wiele większej, niż możesz to sobie wyobrazić, jak za chwilę zobaczysz.

Pająki należą do rzędu *Araneae* wewnątrz gromady *Arachnida* (pajęczaki) – typ stawonogów, wśród których znajdują się także skorpiony i roztocza – te ostatnie godne są każdego apokaliptycznego filmu, pod warunkiem że zwiększą swoje rozmiary. Zidentyfikowano nieprawdopodobną liczbę blisko 47 000 gatunków pająków, z czego wiele posiada zaskakujące cechy.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: BBC opublikowało w 2014 r. artykuł, w którym spekulowano na temat niezwykłych wyczynów, jakich mógłby dokonać człowiek mający zwinność pająków w swojej własnej skali wielkości (czyli gdyby był kimś w rodzaju Spidermana). I tak na przykład człowiek pajęczak mógłby podnosić ciężar ważący 170 razy więcej niż on, jednocześnie wędrując po dachu; czyli mógłby podnieść dwupiętrowy autobus, taki, jaki kursuje po centrum Londynu. Mógłby skakać na odległość 50 razy większą niż jego wzrost, co oznaczałoby dla nas przeskoczenie boiska piłkarskiego. A jeżeli chodzi o szybkość, mógłby przebiec w sekundę odległość równą 70 długościom jego ciała, czyli dziesięć razy szybciej niż jamajski atleta Usain Bolt, najszybszy człowiek świata, który ustanowił wiele rekordów świata, zdobył osiem złotych medali olimpijskich i jedenaście złotych medali mistrzostw świata. Zyskał przydomek Błyskawica i ma dwa stratosferyczne rekordy szybkości: 9,58 sekundy na 100 metrów i 19,19 sekundy na 200 metrów.

To nie do wiary, ale gdyby miał moc pajęczaka, na przebiegnięcie pierwszych stu metrów potrzebowałby tylko jednej sekundy.

Najbardziej zadziwiające nie są olimpijskie zdolności pająka, ale to, co jest w stanie wyprodukować: wytrzymałą i elastyczną nić z protein, którą nazywamy pajęczyną (co prawda nie wszystkie ją robią, tylko pająki tkacze – mają słabszy wzrok i potrzebują pajęczyn, żeby polować na swoje ofiary). Jest to absolutnie niezwykły materiał, który badało wielu naukowców i inżynierów, starając się wymyślić jego nowe zastosowania. Oto dowód jego wytrzymałości: sieć wykonana z nici pajęczej o grubości przeciętnego ołówka mogłaby zatrzymać boeinga 747 w trakcie lotu; jest pięć razy mocniejsza od stali i mniej więcej równie odporna jak kevlar – polimer używany do produkcji kamizelek kuloodpornych. Jeżeli odwołamy się do matematyki (grubość jedwabnej nici pajęczej wynosi 1 mikron, czyli jedną tysięczną milimetra), to znaczy, że 70 000 pająków mogłoby zatrzymać naszego boeinga. Kto by powiedział! Wydają się takie kruche!

I nie tylko potrafią zatrzymać samoloty; ich „biozgodny" charakter sprawia, że pajęczyna może mieć potencjalne zastosowanie w biotechnologii, w medycynie regenerującej, w chirurgicznych szwach wchłanialnych czy w kulturach komórkowych. Bada się również ich ewentualne użycie do tworzenia bardziej skutecznych i trwalszych baterii, idealnych do stosowania w smartfonach czy tabletach. Pajęczyna Spidermana nie jest właściwie supermocą, ale to naukowa wiedza pozwala ją tworzyć i projektować.

I kto teraz powie, że chodzenie na lekcje fizyki i biologii na nic się nie przydaje?

Same pająki znajdują dla swoich nici mnóstwo sposobów użycia – oczywiście poza produkcją pajęczyn: to budowa gniazd, zadania związane z rozmnażaniem, wspinaczka, transport powietrzny (tzw. babie lato), dzwony nurkowe (dla pająków wodnych, żyjących pod wodą), czujniki ruchu, a nawet pożywienie, kiedy nie ma już nic innego do jedzenia. Babie lato po angielsku nazywa się *ballooning* i jest podobne do tego, co robimy my, ludzie, uprawiając paralotniarstwo; analogicznie pająki wytwarzają długie nici, które są przenoszone wiatrem i pociągają za sobą samego pajączka; dzięki temu mogą się one przemieszczać na

odległość wielu kilometrów i docierać do odległych wysp czy statków; to sposób na przeżycie i na rozprzestrzenianie się gatunku.

Po strasznym wybuchu wulkanu Krakatau w 1883 roku, który niemal całkiem zniszczył wyspę (pomiędzy Jawą a Sumatrą), pierwszymi żywymi istotami, jakie odkrywcy znaleźli po siedmiu miesiącach, były pająki – dotarły tam prawdopodobnie właśnie w taki sposób.

Ale przejdźmy teraz od pająków do Człowieka Pająka. Co w sprawie Spidermana ma do powiedzenia nauka?

Po pierwsze, sprawdźmy jego umiejętności wspinania się. W jednym z filmów widzimy, że zawdzięcza ją małym kolcom, które wyrastają z opuszek palców – chociaż, jak się dobrze przyjrzeć, nie jest jasne, czy te małe zaczepy mogłyby mu pozwolić na wspinanie się po ścianach.

A jak to robią prawdziwe pająki? No, dzięki tak zwanym siłom van der Waalsa, doskonale znanym fizykom i chemikom; są to siły przyciągania elektrostatycznego występujące pomiędzy cząsteczkami, kiedy te są bardzo blisko siebie, których pająki (a także salamandry, jaszczurki) używają dzięki tysiącom maleńkich włókienek, jakie mają na łapkach. Te siły zawdzięczają z grubsza temu, że ładunek elektryczny pozytywny i negatywny każdej cząsteczki nie jest równomiernie rozdzielany przez cały czas i że tworzą się krótko trwające strefy ładunków pozytywnych i negatywnych w rozmaitych cząsteczkach, przyciągając się nawzajem. Te siły są oczywiście bardzo niewielkie, ale jeżeli mamy do czynienia z wielką liczbą cząsteczek, działającą w tym samym czasie, skutek się zwielokrotnia; to samo dzieje się z włókienkami na odnóżach pająków.

No dobrze, z przyczyn podobnych do tych z prawa skali, o którym mówiliśmy w rozdziale 20, procent powierzchni ciała tego rodzaju konieczny do możliwości posiadania wspinania się zależy od wagi wspinającej się istoty; to logiczne. O ile pająkowi wystarczą mikroskopijne powierzchnie ich łapek, ponieważ ważą bardzo mało, o tyle u człowieka takie wyrostki musiałyby pokrywać 40% ciała… albo musiałby on nosić 145 numer buta, zgodnie z badaniami Uniwersytetu w Cambridge.

Jeśli idzie o ich zmysły (dzięki którym Peter mógł pozbyć się okularów i krótkowzroczności), cztery pary oczu pająków patrzą

jednocześnie w czterech rozmaitych kierunkach; w ten sposób mogą one obserwować wszystko, co dzieje się dookoła nich; a chociaż ogólnie są krótkowidzami, pająki skaczące mają niemal najlepszy wzrok ze wszystkich istot w królestwie zwierząt: mają cztery pokrywy ze światłoczułych komórek na siatkówce, podczas gdy normalnie jest tylko jedna. I chociaż nie wszystko zdołają zobaczyć, wiele z nich jest wyposażonych na całym ciele, a zwłaszcza na odnóżach, we włoski, czułe na wibracje i ruchy powietrza; te włoski niemal zawsze uprzedzają je o grożących im niebezpieczeństwach. To jest właśnie słynny „pajęczy zmysł" Spidermana.

Wspominając mityczne zdanie z tej sagi („Każda moc pociąga za sobą wielką odpowiedzialność"), przemyśl to dokładnie i odpowiedz: którą z tych supermocy chciałbyś zachować?

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Ile trzeba pająków, żeby zatrzymać w locie boeinga 747?".

Odpowiedzieliście:

Twitter:

@SirJohn: Wystarczy jeden… w kabinie pilota cierpiącego na arachnofobię!

@Nerd_Action: Czy Spiderman się liczy?

34
Co wspólnego mają ze sobą wiatraki i samochód z serialu *Nieustraszony*?

> Teraźniejszość należy do was, ale przyszłość,
> dla której tyle pracowałem, należy do mnie.
>
> NIKOLA TESLA

Aerogenerator, czyli turbina wiatrowa, i fantastyczny samochód z serialu *Nieustraszony* mają ze sobą coś wspólnego: jest to człowiek imieniem Michael. Jednak nie Michael Knight (grany przez Davida Hasselhoffa), który prowadzi fantastyczne auto KITT, ale pewien Michael z XIX wieku: brytyjski uczony Michael Faraday (1791–1867), jeden z najsłynniejszych fizyków i chemików w historii (mówią, że Einstein w swoim biurze trzymał jego portret obok portretów Newtona i Maxwella). To dzięki niemu powstają codziennie cuda, które nas już wcale nie dziwią: na przykład to, że naciskamy wyłącznik i co? Pstryk! – zapala się światło.

Faraday, wielki geniusz, którego nie docenia się tak, jak na to zasłużył, odkrył między innymi, że jeśli poruszamy materiałem przewodzącym w polu magnetycznym, produkujemy prąd elektryczny. Zjawisko to nazywa się indukcją elektromagnetyczną, a polega ona na tym, że w zamkniętym obwodzie pojawia się siła elektromagnetyczna równa szybkości zmian strumieni indukcji pola magnetycznego przechodzącego przez powierzchnię rozpiętą na tym obwodzie.

Wytwarza to prąd, który krąży przewodami elektrycznymi wszystkich naszych urządzeń i powoduje, że działają, nawet jeżeli nie są włączone do gniazdka: wystarczy sprawić, by prąd magnetyczny, jaki wytwarza magnes, systematycznie się zmieniał. Najważniejszą cechą tego zjawiska jest to, że w swoich rozlicznych wariantach jest bardzo użyteczną formą produkcji energii: stanowi podstawę pracy elektrowni wiatrowych, dynama, elektrowni wodnych, alternatorów itd.

CIEKAWOSTKA POP: Jeden ze scenarzystów serialu *Lost* (*Zagubieni*) musiał znać życiorys Michaela i dlatego jedną z postaci ochrzcił imieniem Daniel Faraday. Nie jest przypadkiem, że ta postać posiada najbardziej naukowy umysł z wszystkich bohaterów serialu. Jest doktorem fizyki na Uniwersytecie w Oksfordzie, a matka podarowała mu w dniu otrzymania dyplomu słynny dziennik Michaela Faradaya (stąd jego nazwisko). Jako zdolny fizyk odkrywa wiele zdarzeń związanych z rozciąganiem się czasu, jakie przeżywa podróżnik znajdujący się na wyspie w stosunku do innego, który jest poza nią, a także zmniejszaniem się długości, sprawiającym, że światło nie rozchodzi się tak, jak powinno (oczywiście część teoretyczna tego wszystkiego jest zasługą Einsteina). Dlatego Daniel zaczyna podejrzewać, że energia tej wyspy deformuje czasoprzestrzeń i tworzy tunele czasoprzestrzenne do podróżowania w czasie. Nie opowiem ci więcej, na wypadek, gdybyś miał zamiar obejrzeć ten serial, bo nie chciałbym ci psuć zabawy. Podam ci tylko jedno z kultowych zdań: „Wszystko, co robimy, już się zdarzyło w przyszłości. Nieważne, czego chcesz, nieważne, co robisz. To, co się zdarzyło, już się zdarzyło". Brawo, scenarzyści… nieco mniejsze brawo za końcowe rozwiązanie akcji. Jasne, nie było tam tych najbystrzejszych. Nikt nie jest doskonały.

Generator elektryczny to właśnie ten przewodnik poruszający się wewnątrz pola magnetycznego. Jego dopełnieniem jest silnik elektryczny, który z powrotem zmienia tę elektryczność w ruch.

Odkrycie Faradaya na zawsze zmieniło oblicze świata, pozwalając nadejść epoce produkcji elektryczności. Teraz możesz włączyć toster do sieci elektrycznej i upiec grzanki. Możesz oglądać telewizję, włączyć klimatyzację czy pisać na komputerze.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Anegdota głosi, że pewnego razu, kiedy wiosną 1855 r. Faraday dawał wykład na temat swoich odkryć z dziedziny natury elektryczności i magnetyzmu, ówczesny brytyjski kanclerz skarbu (późniejszy czterokrotny premier) William Gladstone spytał naukowca, czemu służy to wszystko, o czym mówi.

„Proszę się nie przejmować – odpowiedział Faraday – pewnego dnia rząd zacznie za to pobierać podatki".

Dzisiaj opłaty za prąd i doliczane do nich podatki, jak również tzw. ubóstwo energetyczne (do którego dochodzi wtedy, kiedy rodziny nie mogą sobie pozwolić na opłacenie energii koniecznej do funkcjonowania ich gospodarstwa domowego) są znaczącym tematem poruszanym w środkach masowego przekazu i w debacie publicznej.

Wróćmy jednak do elektrowni wiatrowych. Sposobem na produkowanie energii jest poruszanie się przewodnika w polu magnetycznym albo poruszanie magnesu wokół przewodnika w celu utworzenia zmiennego pola elektromagnetycznego, jak wskazywał Faraday. Zazwyczaj tym, co się porusza, jest magnes. W wypadku elektrowni wiatrowych nie jest to takie pewne. Na początek: co porusza skrzydłami wiatraka? Wiatr. Jak wiemy, energia sama ani się nie tworzy, ani nie niszczy, tylko się zmienia: zatem energia wiatru porusza skrzydła wiatraka ruchem obrotowym, wytwarzając energię kinetyczną, która z kolei porusza wirnik (tam gdzie znajduje się przewodnik – zwykle jakiś metal), a ten obraca się wokół magnesu tkwiącego nieruchomo w środku (stąd jego nazwa – stator). W wypadku

elektrowni wodnych podstawa jest taka sama, natomiast siłą, która porusza turbiny, jest siła wody. A w elektrowniach ciepłowniczych spala się paliwo (na przykład węgiel albo naturalny gaz), ono nagrzewa wodę, produkując parę, której ciśnienie porusza turbiny maszyny, pochodzącej od ulepszonego modelu maszyny zaprojektowanej 2000 lat temu, tzw. bani Herona (łac. *aeolipile*). W elektrowniach jądrowych ta maszyna funkcjonuje tak samo, z tą różnicą, że energię potrzebną do podgrzewania wody uzyskuje się z energii jądrowej używanych do tego materiałów (zazwyczaj uranu-235 lub plutonu-239), znajdującej się w jądrze atomów, które ulegają rozszczepieniu.

Ostatecznie na podstawie prawa Faradaya możemy uzyskiwać energię znajdującą się w rzekach, w wietrze oraz w rozmaitych paliwach i przetwarzać ją na elektryczność.

Jakie to proste.

BOHATEROWIE BEZ PELERYN: Heron z Aleksandrii (I w. n.e.) był inżynierem i matematykiem, powszechnie uważanym za jednego z największych wynalazców starożytności. Jednym z jego ogromnych osiągnięć była, uznawana za pierwszą machinę termiczną w historii, tzw. bania Herona, czyli podgrzewana ogniem metalowa kula zamocowana na osi. Na jej obwodzie znajdują się dwie przeciwbieżnie skierowane rurki. Kiedy woda w kuli się ogrzewała, zaczynała się gotować i wytwarzała parę, która przechodząc przez rury, wprawiała kulę w bardzo szybki ruch. W zasadzie wówczas uważano to urządzenie jedynie za zabawkę dla dzieci, później jednak dotarło do uczonych, że to jeden z najważniejszych wynalazków w historii. Podążając za myślami Herona, już w XVIII w. Savery, Hooke czy Newcomen stopniowo ulepszali maszyny termiczne, które w końcu zainspirowały Jamesa Watta (stąd nazwa wata <W>, czyli międzynarodowej jednostki mocy) do wynalezienia słynnej maszyny parowej, wyznaczającej początek rewolucji przemysłowej i zmiany biegu historii ludzkości.

Kolejną różnicą wśród rozmaitych sposobów produkowania energii jest jej koszt ekologiczny oraz zanieczyszczenia. Podczas gdy woda i wiatr to energie czyste i odnawialne, paliwo gazowe i węglowe emituje CO_2 do atmosfery, powiększając efekt cieplarniany. Co do elektrowni jądrowych, możliwe skutki niszczące dla naszej planety są wielokrotnie większe, ponieważ – mimo że są one o wiele bardziej wydajne i produkują ogromne ilości energii – pozostawiają jednak bardzo groźne resztki radioaktywne, które należy składować na specjalnych „cmentarzach jądrowych", gdzie będą leżeć przez kilkaset lat.

Zazwyczaj te elektrownie nie powodują wycieków (na szczęście ich pracownicy i naukowcy zaangażowani w ich pracę są o wiele bardziej odpowiedzialni niż na przykład Homer Simpson, zawiadujący bezpieczeństwem elektrowni jądrowej w Springfield) i dlatego wypadków było niewiele, jednak kiedy już się zdarzyły, powodowały najpoważniejsze i nieodwracalne szkody w środowisku. Wystarczy przypomnieć katastrofy w Czarnobylu (Związek Radziecki, 1986) czy w Fukushimie (Japonia, 2011), uznane za dwa największe nieszczęścia dla środowiska naturalnego w historii ludzkości.

Jednym z wielkich zadań stojących obecnie przed człowiekiem jest rozwiązanie następującej kwestii: w jaki sposób wytwarzać coraz większe ilości energii, jakiej wymaga dzisiejsze społeczeństwo, w sposób bezpieczny i z poszanowaniem naszej planety?

A teraz – jak się w tym wszystkim znajduje samochód KITT z *Nieustraszonego*? Oto, jak we wszystkich samochodach, alternator, który produkuje energię, wykorzystując ruch obrotowy kół, ładuje baterię, pozwalającą na funkcjonowanie wszystkich urządzeń elektrycznych w samochodzie, coraz bardziej zależnych od elektryczności. W wypadku auta KITT, które jeszcze bardziej tego potrzebowało, alternator powodował działanie komputera ze sztuczną inteligencją, nie tylko o wiele roztropniejszą niż sam Michael, ale z możliwością mówienia czy aktywowania zasilania turbo – dzięki niemu auto wykonywało niewiarygodne skoki, by zawsze wyjść na swoje i pozostawić nas z otwartymi ustami...

AC/DC (nie, nie będę mówił o słynnym australijskim zespole rockowym) to skrót od „prąd zmienny/prąd stały". Ten skrót określa

prawdziwą wojnę przedsiębiorstw z końca XIX wieku.

Dzięki Faradayowi dowiedzieliśmy się, jak wytwarzać prąd elektryczny, ale tu pojawił się kolejny problem: jego przechowywanie i rozprowadzanie. Nastąpiła wojna tytanów, czyli dwóch świetnych umysłów. Byli to: Thomas Alva Edison – prawdziwy rekin biznesu, i Nikola Tesla, jeden z moich bohaterów, o wiele mniej ambitny od poprzedniego (na szczęście dla nas).

System Edisona (założyciela General Electric i wspólnika J.P. Morgana, jednego z najbardziej wpływowych milionerów tamtych czasów) przy przekazywaniu elektryczności opierał się na prądzie stałym; była to metoda bardzo kosztowna, a poza tym powodowała poważne straty z powodu strat energii w postaci ciepła. System Tesli przeciwnie, oparty na prądzie zmiennym i wspierany przez Westinghouse Electric, uzyskał nie tylko to, że był o wiele tańszy, ale też wobec większego woltażu do przekazywania energii potrzebna była mniejsza intensywność prądu.

Inaczej mówiąc: większa moc przy mniejszych stratach.

Owa bitwa osiągnęła w końcu granice absurdu, kiedy Edison zaczął współpracować przy wynalezieniu krzesła elektrycznego i używał go w czasie – powiedzmy – igrzysk, zabijając w ten sposób prądem zmiennym wszelkiego rodzaju zwierzęta, nawet słonia (biedaczek… co on zawinił? Od chwili, kiedy się o tym dowiedziałem, nie cierpię Edisona!), po to, żeby przekonać ludzi, że system jego przeciwnika jest wybitnie szkodliwy, wręcz śmiercionośny.

Tesli nie pozostawało nic innego, jak tylko (co za odwaga!) poddać swoje własne ciało wyładowaniu prądu zmiennego, który mu oczywiście nie wyrządził żadnej krzywdy. Tak skończyła się „bitwa prądów", jak ją wówczas nazwały gazety.

Tesla, który zawsze walczył o to, by jego odkrycia chociaż trochę polepszyły życie ludzi, był też wynalazcą lamp fluorescencyjnych, pierwszego systemu zdalnego sterowania, bezprzewodowego przekazywania energii, teoretycznych zasad radaru i jeszcze wielu innych wynalazków. Był też wynalazcą radia, chociaż przypisuje się to Włochowi Marconiemu – ten ostatni w 1895 roku (rok po tym, jak Nikola Tesla dokonał pierwszej publicznej demonstracji transmisji radiowej)

opatentował wynalazek, który przyniósł mu sławę. Mimo to Tesla, pytany w tej sprawie, twierdził: „Nie martwi mnie, że chcą kraść moje wynalazki, martwi mnie, że nie mają własnych". To był prawdziwy geniusz, który wyprzedził swoją epokę i którego ciągle jeszcze – nie wiem, dlaczego – nie doceniono tak, jak na to zasługuje. W 1960 roku Najwyższy Trybunał Stanów Zjednoczonych przyznał jednak, że to Tesla wynalazł radio. Tylko tyle.

Zanim umarł w 1943 roku, przepowiedział: „Urządzenie, niedrogie, nie większe od zegarka, pozwoli temu, kto je nosi, na słuchanie w każdym miejscu – czy to na morzu, czy na ziemi – muzyki, pieśni czy przemówienia przywódcy politycznego, wygłaszanego w jakimkolwiek innym, odległym miejscu. W taki sam sposób będzie można przenosić z miejsca na miejsce obraz czy wrażenia".

Internet? Smartwatch?

Geniusz.

Wracając zaś do kwestii, jaka nas zajmuje – pociągi i autobusy też posługują się alternatorami w celu ponownego używania energii kół w systemach klimatyzacji i oświetlenia, a nawet we wtyczkach, żebyś mógł podczas podróży ładować baterię swojego smartfona. Nawet mój rower z dzieciństwa, który nigdy nie był tak fantastyczny jak auto Michaela Knighta, miał alternator, działający dzięki prawu Faradaya; ten aparacik przetwarzał obroty kół na prąd elektryczny, zasilający lampkę oświetlającą mi drogę podczas nocnej jazdy. Nazywaliśmy go – zupełnie błędnie – dynamem, tak jak wynalazek samego Faradaya, który zamiast prądu zmiennego wytwarza prąd stały, ten sam, który zasila wszystkie nasze gadżety (dlatego wszyscy mają swój mały transformator – wewnętrzny albo zewnętrzny – gdyż prąd elektryczny dochodzi do naszych domów w postaci prądu zmiennego).

Jednak ani Michael Faraday, ani alternator, ani lampka w moim rowerze nie potrafiły uchronić mnie przed wieloma upadkami (po których następowały zrzędzenia mojej mamy: „Bo jeździsz jak wariat!"). Nadal mnie to boli… ale dzięki, Michaelu (Faraday).

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Co wspólnego mają ze sobą elektrownia wiatrowa i samochód z serialu *Nieustraszony*?”.

Odpowiedzieliście:

Instagram:

atletico1992: Są poruszane przez wiatrakowiec.

Facebook:

Tomas F.M.: To, że kosztują mnóstwo pieniędzy, a w życiu nie służą do niczego!

35
Nauka jest również domeną kobiet

Ponad wszystko jestem kobietą.

HEDY LAMARR

Jeżeli otworzysz jakąś naukową książkę (włącznie z tą), zobaczysz, że pojawia się w nich niewiele nazwisk kobiet naukowców, że najwięcej znaczących odkryć i dowodów jest dziełem mężczyzn. Bez wątpienia nie dlatego, że mężczyźni byli bardziej zdolni do karier naukowych (czy nienaukowych), ale dlatego, że przez wiele stuleci kobiecie nie było wolno być widoczną, studiować na uniwersytecie czy zajmować się pracą badawczą. Jeżeli którejś się udawało wybić, to tylko dzięki połączeniu tytanicznego wysiłku, wyjątkowego talentu i odrobiny szczęścia.

Obecnie na uniwersytetach hiszpańskich studiuje więcej kobiet niż mężczyzn (według tamtejszego Ministerstwa Edukacji, Kultury i Sportu – 54%), chociaż, jak to zwykle bywa, nie ma ich aż tylu na wysokich stanowiskach: ten odsetek zmniejsza się w miarę podwyższania się stanowisk: jest 40% kobiet wykładowców, 20% kobiet profesorów uczelni, rektorów już bardzo mało...

Jako ojciec córki i przez własne doświadczenia (moimi najlepszymi uczennicami były dziewczęta, a kiedy pracowałem jako inżynier, były moimi najlepszymi współpracownicami) jestem wyjątkowo wyczulony na ten temat, działam także w ich imieniu we wszystkich możliwych kampaniach w walce o takie same szanse dla kobiet jak dla mężczyzn.

Dlatego musiałem dojść w tej książce do rozdziału, w którym postaram się przypomnieć kobiety w historii nauki i dorzucić swoje ziarenko piasku, żeby stały się widoczne i żeby pomóc im w pokonywaniu absurdalnych przesądów w tej dziedzinie.

Pierwszą kobietą, która się wyróżnia (i o której zachowały się świadectwa pisane) w naukowych perypetiach, jest Hypatia z Aleksandrii (ok. 355–415), o której napisano wiele książek, a nawet zrobiono film *Agora* (2009) w reżyserii Alejandra Amenábara. Reżyser poznał losy tej aleksandryjki dzięki serialowi *Cosmos* Carla Sagana, który tę postać w dużej mierze odzyskał dla szerokiej publiczności.

Hypatia była matematyczką i astronomką ze szkoły neoplatońskiej w Aleksandrii. Spotkała ją dramatyczna śmierć: ponieważ nie nawróciła się na chrześcijaństwo, została zlinczowana przez tłum fanatyków religijnych, którzy uwierzyli, że rzuciła urok na ludzi swoją pogańską urodą, po czym pastwiono się nad jej ciałem, uznawszy ją za czarownicę. W jej naukowym testamencie – który zachował się w przekazach innych naukowców – znalazły się traktaty dotyczące algebry, geometrii stożków, astronomii (wykonała planisferę niebieską) i projektów instrumentów astronomicznych (takich jak płaskie astrolabium), aparatów do destylacji wody, higrometrów, higroskopów i aerometrów.

CIEKAWOSTKA POP: W ciągu setek lat wiele kobiet, które wyróżniały się w jakiejś dziedzinie nauki, które myślały w inny sposób, które nie poddawały się społecznym konwencjom swoich czasów, które wolały żyć samotnie zamiast tworzyć rodzinę, czy po prostu były odmienne od reszty – oskarżano o to, że są czarownicami i w większości wypadków skazywano na śmierć. Przestępstwo czarów karano spaleniem na stosie. W ciągu ponad pięciuset lat w Europie straciły w ten sposób życie dziesiątki tysięcy kobiet. I, jak dobrze wiesz, we wszystkich dziecięcych baśniach czarownice występują jako uosobienie zła. Na szczęście dzięki postaci

Maleficent (Diaboliny) wiemy, że z pewnością były lepsze, niż je nam przedstawiano.

Terminu „polowanie na czarownice" dzisiaj używa się w stosunku do każdego nieusprawiedliwionego prześladowania z powodu przesądów społecznych czy politycznych (tak jak na przykład wtedy, kiedy podczas zimnej wojny senator McCarthy oskarżał bez podstaw o bycie agentem sowieckim czy po prostu komunistą każdego, kto nie podzielał przekonań o słuszności amerykańskiego kapitalizmu). Polecam ci film *Good Night and Good Luck* (2005) w reżyserii George'a Clooneya. Oczywiście nie spodziewaj się tam egzekucji w autach, agentów w wytwornych garniturach z licencją na zabijanie czy dziewczyn Bonda, które pokonane padają do stóp głównego bohatera.

Kto wie, czy nie z powodu tego złego początku aż do XIX wieku było bardzo niewiele kobiet naukowców, które wyróżniły się w jakiejś dziedzinie i wywalczyły sobie miejsce w historii. Oczywiście, wśród nich kobietą, która pozostawiła po sobie w nauce największy ślad, jest Polka, Maria Skłodowska-Curie (1867–1934); nie na próżno była pierwszą osobą nagrodzoną dwiema Nagrodami Nobla: w dziedzinie fizyki w 1903 roku (za odkrycie promieniotwórczości, wspólnie z mężem Piotrem Curie i Henri Becquerelem), a następnie w dziedzinie chemii w 1911 roku (tylko dla niej, za odkrycie pierwiastków radu i polonu). Oprócz tego, że musiała znosić trudności, z jakimi borykała się większość kobiet w jej czasach, Maria Curie musiała również przeciwstawiać się negatywnej opinii publicznej w czasach, kiedy już po śmierci swojego męża Piotra w wypadku ulicznym związała się z innym sławnym fizykiem, żonatym Paulem Langevinem.

„Nie mogę się zgodzić z tym, by kalumnie i oszczerstwa z życia prywatnego mogły wpływać na wartość badań naukowych" – pisała.

Współczesną Marii Curie była matematyczka Mileva Marić (1875–1948), która w 1896 roku była jedyną kobietą studiującą na Politechnice w Zurychu, gdzie przypadkiem poznała swojego przyszłego męża, ojca teorii względności.

Einstein był genialnym uczonym, ale z pewnością nie tak dobrym mężem i ojcem (co widać w serialu *Geniusz*, emitowanym przez kanał National Geographic). Był zanadto przejęty swoimi ambicjami badacza, aby odpowiednio zadbać o rodzinę, małżeństwo zatem skończyło się źle, a nawet fatalnie.

Niektórzy autorzy podkreślają ważny wkład Milevy Marić w powstawanie szczególnej teorii względności, w studiowanie efektu fotoelektrycznego czy też ruchów Browna (artykuły z 1905 r., „cudownego roku" Einsteina), co pomogło słynnemu geniuszowi w badaniach i zdobyciu Nagrody Nobla.

„Niedawno skończyliśmy bardzo ważną pracę, która mojemu mężowi przyniesie światową sławę", pisała Mileva Marić do swojej przyjaciółki Helene Kaufler.

Jedną z pionierek informatyki była Ada Lovelace (1815–1852), córka słynnego poety lorda Byrona, uważana za pierwszą programistkę, która pracowała nad wspominaną już przez nas maszyną, zaprojektowaną przez Charlesa Babbage'a w 1837 roku – jedną z pierwszych podstawowych wersji tego, co później stało się komputerem (chociaż owa maszyna analityczna nigdy nie została skutecznie wykonana).

Lovelace była pierwszą osobą opisującą język programowania o charakterze ogólnym (z takimi pomysłami o fundamentalnym znaczeniu, jak pętla czy podprogram); proponowała również takie pojęcia, jak algorytm czy stosowanie kart perforowanych przy programowaniu maszyn, którą to metodę zastosowano później do pierwszych komputerów, takich jak gigantyczny ENIAC.

Kobiety odegrały wyjątkowo ważną rolę w dziedzinie astronomii. Przede wszystkim w takich projektach astronomicznych, przy których konieczna była współpraca wielu ludzi dokonujących obliczeń i uciążliwych operacji, do jakich w świecie nauki kobiety dopuszczono na większą skalę. To one były pierwszymi kalkulatorami – tyle że w ludzkim ciele.

Astronom Edward Pickering, dyrektor Obserwatorium Astronomicznego w Harvardzie, stworzył pierwszą taką grupę kobiet, którą nazwał – wstyd powiedzieć – „haremem Pickeringa". Pracowało tam około osiemdziesięciu kobiet. Pierwszą była Williamina Fleming

(1857–1911), będąca służącą astronoma (dzisiaj jej imię nosi jeden z kraterów na Księżycu).

Poczynając od tej grupy, w różnych krajach kobiety zaczęto zatrudniać w celu rozwijania tej dziedziny: to one wykonywały skomplikowane obliczenia, studiowały astronomiczne tablice fotograficzne i operowały wielkimi ilościami danych, jakich dostarczała ta dyscyplina naukowa.

Ich drogę kontynuowały inne kobiety – astronomowie, już po studiach uniwersyteckich, takie jak Dorothea Klumpke (1861–1942), Annie Jump Cannon (1863–1941), Antonia Maury (1866–1952) czy Henrietta Leavitt (1868–1921). Ta ostatnia badała gwiazdy o zmiennej jasności, zwane cefeidami, i odkryła wiele z nich w Obłokach Magellana. Jej prace pozwoliły na późniejsze obliczenie odległości tych gwiazd od Ziemi, a przecież obliczenie odległości jest jednym z podstawowych problemów astronomii. Dzięki Henrietcie zatem mogliśmy stwierdzić, że kosmos jest naprawdę ogromny.

Pięćdziesiąt lat temu Jocelyn Bell Burnell, urodzona w 1943 roku w Belfaście, odkryła jako doktorantka pierwszy sygnał radiowy pulsara – wspólnie ze swoim profesorem, Anglikiem Antonym Hewishem. Odnalazła astronomiczne źródło emitujące fale co sekundę i nazwała je Little Green Men 1 (Małe Zielone Ludziki 1). Owa stała emisja wydawała się dziełem jakiejś pozaziemskiej cywilizacji, był to jednak pulsar, czyli obracająca się gwiazda, która emituje promieniowanie. Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki w 1974 roku przyznano jednak jej profesorowi Anthony'emu Hewishowi oraz Martinowi Ryle'owi, co zostało ostro skrytykowane.

BOHATERKI BEZ PELERYN: Amerykanka Vera Rubin (1928–2016), której chcę poświęcić znaczną część ostatniego rozdziału, studiowała ruch obrotowy galaktyk, co posłużyło *a* posteriori jako mocny dowód na odkrycie – by to jakoś nazwać – ciemnej materii. Jej tajemniczy wpływ ma być odpowiedzialny

za to, że galaktyki się nie obracają tak, jak się po nich tego spodziewamy. Ta ciemna materia, która nie emituje żadnego rodzaju promieniowania elektromagnetycznego, stanowi, jak się obecnie szacuje, około 27% całej masy Wszechświata.

Wzruszające jest to, że Carrie Fisher, księżniczka Leia z *Gwiezdnych wojen*, która walczyła przeciw Ciemnej Stronie Mocy, opuściła nas 27 grudnia 2016 r., zaledwie dwa dni po śmierci Very.

Niech Moc (albo iloczyn siły i prędkości) zawsze z nią będzie.

Inne znane kobiety naukowcy to: matematyczka Sophie Germain (1776–1831), fizyczka Lise Meitner (1878–1968), matematyczka Emmy Noether (1882–1935), krystalografka Rosalind Franklin (1920–1958), badaczka ssaków naczelnych Jane Goodall (ur. 1934). Nie jestem w stanie wymienić wszystkich, zwłaszcza tych tysięcy pracujących obecnie. Na szczęście dzisiaj już kobiety normalnie studiują na uniwersytetach i w centrach badawczych, ale, niestety, zbyt rzadko zajmują stanowiska kierownicze.

CIEKAWOSTKA POP: Nie wiem, czy to dlatego, że jestem inżynierem i głęboko podziwiam pionierów nauki w mojej dziedzinie, ale kiedy poznałem historię Hedy Lamarr (1914–2000), byłem pod wielkim wrażeniem. Nie tylko z tego powodu, że całe jej życie było potężną odyseją – z ojczystej Austrii do Stanów Zjednoczonych (jej były mąż był dostawcą amunicji i samolotów bojowych dla Adolfa Hitlera); również nie dlatego, że ostatecznie stała się znaną (i najpiękniejszą) aktorką Hollywood; że pierwsza wystąpiła w filmie nago albo że odmówiła roli Ilsy Lund w filmie *Casablanca* (1942). Nie. Jest wyjątkowa, gdyż była współwynalazczynią pierwszej wersji metody rozpraszania widma w systemach szerokopasmowych, co pozwoliło na bezprzewodowe kontakty na wielką odległość; wynalazek ten został opatentowany do

budowy zdalnie kierowanych radiem torped, ponieważ uniemożliwiał przeciwnikowi przejęcie kontroli nad torpedą.

Przełóżmy to na ludzki język. Metoda rozpraszania widma stanowi podstawę nowoczesnej komunikacji, włącznie z Bluetooth i Wi-Fi. Tak, Wi-Fi, tym, na które narzekamy, kiedy nie mamy transmisji danych.

Wspaniała kobieta, która wyprzedziła swoją epokę. Spośród jej błyskotliwych powiedzeń zapamiętałem to, które określa jej fascynującą osobowość:

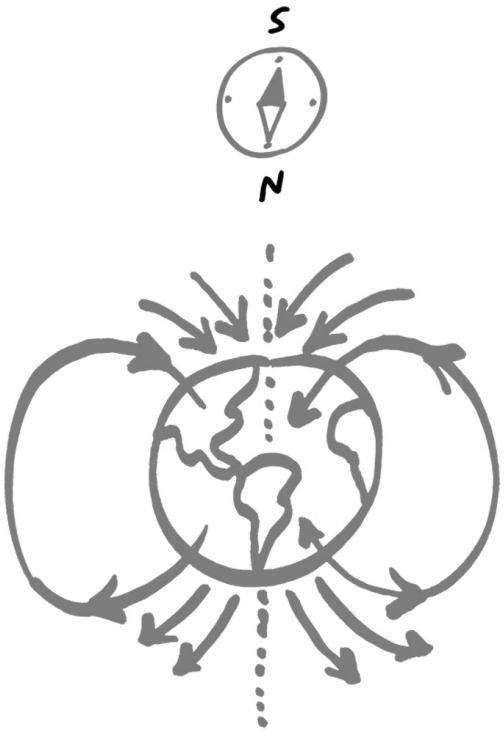
„Nie boję się śmierci, ponieważ nie boję się niczego, czego nie rozumiem".

Międzynarodowy Dzień Wynalazcy obchodzony jest – na cześć dnia urodzin Hedy Lamarr – 9 listopada.

Ciągle jeszcze jednak liczby laureatów Nagrody Nobla wskazują na nierówność, która z roku na rok się nie zmienia: w dziedzinie fizyki otrzymały ją dwie kobiety na 205 mężczyzn; w chemii – cztery na 174; w medycynie – dwanaście na 202. Czyli jest jeszcze bardzo wiele do zrobienia. A pierwszym krokiem, jaki my powinniśmy zrobić – my, ojcowie, i my, nauczyciele – to sprawić, żeby było tak samo jak w kinie, literaturze, telewizji, wśród władz... Więcej uczonych, a mniej księżniczek.

36
Co nastąpi z chwilą odwrócenia się biegunów Ziemi?

Ziemia to wielki magnes, mający swój biegun dodatni i swój biegun ujemny. W rzeczywistości wytwarza ona pole magnetyczne, które można wykryć w każdym miejscu naszej planety, o intensywności od 25 do 65 mikrotesli (tesla – symbol T, na cześć Nikoli Tesli – jest jednostką międzynarodową indukcji magnetycznej). To pole jest bardzo słabe, ale wystarczające, żeby kompasy same wskazywały magnetyczny biegun północny (potem zobaczymy, że to nie to samo, co biegun północny geograficzny).



Poza tym niektóre gatunki zwierząt używają tego słabego pola magnetycznego do orientacji, a nawet do wybierania tras swoich corocznych migracji. Oprócz tego pole magnetyczne Ziemi służy do innych celów: bez jego istnienia prawdopodobnie nie moglibyśmy żyć.

To pole rozciąga się wokół planety, tworząc tarczę magnetyczną, którą nazywamy magnetosferą; chroni nas ona przed wiatrem słonecznym, czyli gwałtownymi strumieniami protonów i elektronów (także jąder helu i innych pierwiastków), które Słońce emituje podczas okresów największej aktywności, czyli kiedy produkuje więcej wybuchów słonecznych – nagłych intensywnych wyrzutów promieniowania elektromagnetycznego, będącego w stanie przyspieszyć ruch tych cząsteczek do prędkości bardzo zbliżonych do prędkości światła. Te cząsteczki, naładowane elektrycznie, przy takiej prędkości mogłyby być dla nas wyjątkowo szkodliwe (a nawet śmiertelne); na szczęście ziemskie pole magnetyczne przekierowuje je i przemieszcza w stronę biegunów geograficznych. A kiedy reagują z najwyższymi warstwami atmosfery, wytwarzają jedno z najpiękniejszych zjawisk, jakie ofiarowuje nam przyroda – zorzę

polarną (*aurora borealis*), która wygląda jak niezwykłe zasłony, spadające z nocnego nieba.

W XIX wieku odkryto, że co jedenaście lat na powierzchni naszej gwiazdy – Słońca – pojawiały się tajemnicze plamy. Odtąd wiadomo, że Słońce funkcjonuje jak zegar, w stałym, systematycznym rytmie, w zgodzie z cyklami słonecznymi. Tak samo jak to się dzieje z Ziemią, Słońce również ma swoje pole magnetyczne, w tym wypadku wytworzone przez ruch plazmy w jego wnętrzu, która porusza się z rozmaitymi prędkościami w zewnętrznych (warstwa konwekcyjna i fotosfera) i wewnętrznych (jądro i warstwa promienista) warstwach. Ta różnica prędkości sprawia, że jedne warstwy się ześlizgują na inne i tworzy się pole magnetyczne, wytwarzając strefy, w których jest ono bardziej intensywne: plamy słoneczne. Dzisiaj wiemy, że wskazują one maksimum solarne, czyli moment, w którym Słońce ma największą aktywność.

W tych okresach największej aktywności, które nazywamy burzami słonecznymi, zorze polarne mogą docierać aż do południowych szerokości geograficznych, bardzo odległych od biegunów (w XVII w. widziano je na przykład na Wyspach Kanaryjskich, gdzie wywołały panikę jako znak nieszczęścia zesłany przez Boga), i powodować ogromne zaciemnienia (w 1989 r. wielkie zaciemnienie w Quebecu pozostawiło bez elektryczności cały region na ponad 24 godziny), a także wielkie problemy i uszkodzenia we wszystkich narzędziach telekomunikacji. Burze słoneczne są jednym z wielkich zagrożeń przede wszystkim dlatego, że uszkadzają satelity krążące bardzo daleko od Ziemi – przez nie są one bardziej wystawione na działanie wiatru słonecznego.

Największe z takich zjawisk w historii pisanej, zwane wypadkiem z Carrington, zdarzyło się pod koniec wyjątkowo słabego cyklu słonecznego (taki spokój zawsze poprzedza burzę) w początkach września 1859 roku.

Bardzo niedawno, bo w 2017 roku NASA wykryła największe wybuchy na Słońcu od dziesięciu lat. Problemem dla nas nie jest jednak to, że zostaniemy bez światła, ale że wiatr słoneczny, jeśli pewnego dnia stanie się dostatecznie silny, mógłby zniszczyć warstwę ozonu, która

nas z kolei chroni przed promieniami ultrafioletowymi, i ostatecznie unicestwić naszą atmosferę. A zatem i nas. Wszyscy byśmy wówczas umarli.

To nadaje się na scenariusz jakiegoś apokaliptycznego filmu w Hollywood, ale ufajmy, że w rzeczywistości nigdy się to nie zdarzy.

A dlaczego Ziemia jest magnesem?

To sprawa dotąd nie do końca wyjaśniona, ale uważa się, że na głębokości 3000 kilometrów Ziemia stanowi wielką masę żelaza i niklu, w zewnętrznej części jądra, w stanie płynnym spowodowanym wysoką temperaturą. Wewnętrzne jądro pozostaje w stanie stałym. Ruchy konwekcyjne jądra zewnętrznego, wraz z obrotami ziemskimi, wytwarzają prądy elektryczne, a one z kolei owo pole magnetyczne, które pozwala na istnienie atmosfery i życia. Wszystkie magnesy mają biegun północny i biegun południowy, jednak – jak już uprzedzaliśmy – nie pokrywają się one z biegunami geograficznymi; właściwie nie zbiegły się z nimi jeszcze nigdy od tych pięciuset lat, przez które mierzymy ich pozycje.

W tej chwili oś magnetyczna i oś geograficzna różnią się o kąt 11,5 stopnia, czyli magnetyczny biegun północny znajduje się o 1000 kilometrów od bieguna geograficznego. Problem w tym, że ta różnica nie jest stała: każdego dnia przesuwa się o 125 metrów (czyli za 50 lat biegun magnetyczny mógłby się znajdować już na Syberii w Rosji) z powodu stałego (i niepewnego) ruchu płynnej warstwy jądra naszej planety.

Arnaud Chulliat, geofizyk z paryskiego Institut de Physique du Globe, twierdzi, że jego przyszłe położenie jest bardzo trudne do przewidzenia; nikt nie wie, jak bardzo kapryśne jest ziemskie jądro i czy nagle nie zacznie się poruszać w innym kierunku. Poza tym na pewno dzisiaj geograficzny biegun północny znajduje się pod Gwiazdą Polarną, chociaż i to jest zależne od danej chwili: w poprzednim z rozdziałów już zobaczyliśmy, że z powodu ruchu precesyjnego oś rotacji naszej planety nie zawsze znajdowała się w jednym miejscu, ani nie zawsze będzie tu, gdzie jest teraz.

Wspaniałe jednak nie jest to, że powoli się przesuwają, ale że czasem bieguny się odwracają (przebiegunowanie Ziemi), jak można

stwierdzić, studiując bardzo stare skały.

Na ogół intensywność pola geomagnetycznego od czasów Chrystusa stale się zmniejszała i wiemy, że w przyszłości po raz kolejny nastąpi odwrócenie biegunów, chociaż nie wiemy, kiedy to się stanie, ponieważ owe odwrócenia następują w sposób przypadkowy. Nastąpi niebawem – w kategoriach geologicznych (gdzie tysiące lat to nic) – ponieważ ostatnie odwrócenie biegunów magnetycznych dokonało się 780 000 lat temu, a zostało potwierdzone, że od tego czasu intensywność pola i jego ruch stopniowo się zmniejszają. Nie ma wszakże sposobu dokładnego przewidzenia tego zjawiska, możemy więc najwyżej dywagować nad tym, co może się wtedy wydarzyć. Jak wielka może to być katastrofa.

Nie chcę nic mówić, żeby ci nie psuć zabawy…

Przy odwróceniu magnetycznym, przez krótki czas przed tym, zanim z powrotem bieguny wydadzą się nieodwrócone, pole magnetyczne nie będzie istniało. Nie będzie już nas mogło chronić przed promieniowaniem kosmicznym ani przed wybuchami słonecznymi.

Co zatem się wydarzy?

Otóż cząsteczki zawarte w magnetosferze (w tzw. pasie Van Allena) będą bombardować atmosferę, ale raczej wytworzą wspaniałe zorze polarne, niż zaszkodzą ludziom. Podczas tej krótkiej przerwy zwierzęta kierujące się polem magnetycznym mogą zgubić drogę. Prawdopodobnie też przez jakiś czas będą szwankowały systemy komunikacji, co może spowodować wielomilionowe straty ekonomiczne. Nie powinno to jednak wywołać żadnej apokalipsy, nie wpadajcie w panikę! Atmosfera zostanie tam, gdzie jest.

Właściwie wiemy, że bieguny musiały się już odwracać przynajmniej dwadzieścia razy, a życie na Ziemi nadal toczy się swoim torem.

37
Jak chodzić po wodzie?

Mokradła – co za strach! Kiedy byłem chłopcem i rodzice zabierali mnie na bagna, zawsze byłem zaniepokojony, czy nie skończę życia wciągnięty w głębokie ruchome piaski, które będą wsysały moje ciało powoli, ale bezlitośnie. Pewnie oglądałem za dużo filmów o Tarzanie.

Od tego czasu świat płynów budzi moje wielkie zainteresowanie, ponieważ bywają one niezwykle dziwne: niektóre poruszają się bardzo powoli, inne sztywnieją, kiedy je mocno uderzysz, a po niektórych możesz spacerować!

Chyba że się zatrzymasz – wtedy się zanurzysz.

Płyny to substancje, których cząsteczki słabo się wzajemnie przyciągają. Płyny zmieniają kształt bez żadnego oporu, nie próbują też odzyskać swojej poprzedniej formy. Mówimy, że płyny przyjmują kształt naczynia, w którym się znajdują. Jeżeli wlejesz wodę do szklanki, przyjmuje ona kształt szklanki, jeżeli do butelki – przyjmie kształt butelki. Płynem najczęściej obecnym w naszym codziennym życiu jest woda, bez której samo życie nie byłoby możliwe (składamy się przecież niemal w 70% z wody).

Do określenia cech płynów używamy wielkości zwanej lepkością. Lepkość jest miarą oporu, jaki ma płyn w stosunku do deformacji, kiedy się działa na niego jakąś siłą. Na przykład woda jest mało lepka: jeżeli się ją pozostawi działaniu siły przyciągania, czyli kiedy na przykład nalewamy do szklanki wodę z dzbanka, porusza się bez problemu, z wielką płynnością. Odmiennym przykładem może być miód: kiedy się go leje ze słoika na kanapkę, porusza się bardzo powoli; jest to płyn bardzo lepki i często trudno jest przerwać tę nitkę rozciągającą się pomiędzy słoikiem a łyżeczką. Lepkość zależy od sił spoistości

pomiędzy cząsteczkami: im są większe, tym bardziej lepki płyn. Możemy też mówić o płynach o lepkości bardzo zbliżonej do zera, tak zwanych płynach nadciekłych, które jednak trudno spotkać na co dzień; wymagają one temperatur zbliżonych do zera absolutnego (w tej temperaturze niemal wszystkie pierwiastki zamarzają, ale można na przykład uzyskać nadciekły hel o zaskakujących właściwościach: potrafi się na przykład wspinać po ściankach naczynia i z niego wypływać).

Zasadniczo rodzaje płynów dzielimy na newtonowskie, których lepkość nie zależy od tak zwanej szybkości ścinania (jak woda, wino czy benzyna), i na nienewtonowskie, których lepkość waha się w zależności od temperatury i naprężenia ścinającego, jakiemu się je poddaje (jak żele, krew czy żywica roślin, które pozostawione w pojemniku będą płynne, ale ścinają się do postaci stałej, jeżeli się je ściska). Te ostatnie lepiej określa się innymi właściwościami reologicznymi (gałąź fizyki ośrodków ciągłych, zajmująca się studiowaniem odkształceń oraz płynięciem materiałów) niż lepkością. Jeżeli na przykład spróbujesz chodzić po tego rodzaju płynach i zrobisz to powoli i spokojnie, odkryjesz, że to niemożliwe; musisz się zanurzyć, tak jakbyś zanurzył się w ruchomych piaskach. Ale jeżeli to zrobisz szybko i silnie uderzając o powierzchnię, możesz kroczyć po cieczy bez problemu.

Zastosowania? Tysiące! Plastiki, kleje, nylon, plastelina, płyny lepkoelastyczne, niekapiące farby… czy kamizelki kuloodporne, które absorbują energię uderzenia pocisku, ale są giętkie, kiedy ich dotykasz.

TRIK DLA BELFRÓW: Jeżeli dodasz dwie części wody do trzech lub czterech części mąki kukurydzianej (znajdziesz dziesiątki takich filmików na YouTubie), będziesz mógł uzyskać płyn nienewtonowski, który zadziwi i zafascynuje twoich uczniów. Albo twoich znajomych. Uda ci się w ten sposób wykonać tani i w stu procentach nieszkodliwy „oobleck", nazwany tak z powodu opowiadania dla dzieci *Bartholomew and the Oobleck*, napisanego przez autora o pseudonimie Dr. Seuss.

Bohater tego opowiadania musi ratować swoje królestwo właśnie tak nazwaną kleistą substancją. Ponieważ chodzenie po niej wymagałoby zużycia całej mączki kukurydzianej w mieście, po prostu możesz polecić uczniom, żeby bardzo powoli wsunęli rękę do naczynia i sprawdzili, że zanurza się ona jak w wodzie. Następnie każ im uderzyć silnie w powierzchnię płynu młotkiem albo pięścią (energicznie, ale ostrożnie – nie chcemy im zrobić krzywdy!). Ich ręce albo młotek odskoczą od powierzchni. Nie zapomnij przyjrzeć się ich twarzom!

Tego rodzaju płyny to te, po których można chodzić bez zanurzenia się, ale nie wolno się zatrzymywać – nie jesteś wszak Chrystusem, który, według Biblii, mógł chodzić po wodzie (która jest płynem newtonowskim, dlatego to był cud).

Oczywiście w telewizyjnym programie „Ant Hill TV" czy w serialu *Teoria wielkiego podrywu* robiono podobne eksperymenty z płynami nienewtonowskimi. Guma „blandiblu", którą bawiłem się wiele lat temu, ta zielona marsjańska substancja – nie wiedziałem o tym, ale jest jedną z substancji z właściwościami czegoś pomiędzy płynem a ciałem stałym.

Na przeciwnym biegunie znajdują się płyny, które, kiedy się je podda naciskowi, zamiast stawać się bardziej stałe, stają się bardziej płynne. Taki jest na przykład keczup albo jogurt: kiedy je roztrzepiesz albo wylejesz z pojemnika, łatwiej się rozpływają. Albo farba, którą łatwiej jest rozprowadzić po płótnie czy po ścianie, kiedy się ją mocno naciśnie pędzlem, ale która potem robi się bardziej stała, tak jak tego chcemy. Wystarczy przyłożyć odpowiednią siłę, żeby zwyciężyć siły wewnętrznej spoistości. Przyjrzyj się też jaszczurkom (jak bazyliszek), pająkom i innym stworom, które chodzą albo utrzymują się na powierzchni wody. Jak to możliwe, skoro woda jest płynem o stałej lepkości? Otóż dlatego, że wchodzi tutaj w grę inne pojęcie: napięcia powierzchniowego. Powiedzmy, że powierzchnia płynów zachowuje się jak elastyczne płótno, które nie zawsze jest łatwo przerwać dzięki spoistości cząsteczek powierzchni płynu.

Siła, która tę powierzchnię utrzymuje w całości, to tak zwane napięcie powierzchniowe: żeby włożyć palec do szklanki z wodą, musimy użyć minimalnej siły, która pokona to napięcie. Dla człowieka ta siła jest znikoma i w ogóle jej nie zauważamy, jednak są owady ważące tak mało, że nie są w stanie przerwać tego napięcia własnym ciężarem i dlatego mogą po prostu tkwić na wodzie tak jak my na przykład na asfalcie. Natomiast niektóre jaszczurki – jak bazyliszek płatkogłowy (nazywany też Jaszczurką Jezusa Chrystusa, ze względu na niewątpliwe związki z biblijną opowieścią) – biegają po wodzie z wielką szybkością, wykorzystując tę samą właściwość.

Napięcie powierzchniowe jest też odpowiedzialne za inne zjawiska, jak na przykład kulisty kształt kropli płynu, który jest formą geometryczną pozwalającą na minimalną energię. Dlatego kiedy dwie krople łączą się ze sobą, natychmiast zmieniają się w jedną, większą. Jeśli czasem krople wody przybierają kształt owalny (na przykład kiedy kapią z kranu), to z powodu działania siły przyciągania, która je odkształca.

Nic nie ucieknie od przyciągania ziemskiego. A może tak?

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Czy można chodzić po wodzie?”.

Odpowiedzieliście:

Twitter:

@redex: Jest to zawsze możliwe, byle kałuża nie była za głęboka.

@Angel_Sky: Jeżeli zamrozi się wodę. Można nie tylko chodzić, ale również jeździć na łyżwach i w ogóle!

Facebook:

Iwan Filiow: TAK! Pod warunkiem, że jesteś Chrystusem, czarodziejem Dynamo, jaszczurką z National Geographic (bazyliszkiem) albo jeżeli woda jest zamarznięta. Nawet jeżeli zostaniemy technikami czy naukowcami, człowiek waży za dużo, ma bardzo małą powierzchnię stóp i nie jest w stanie osiągnąć takiej szybkości, żeby biegać po płynnej wodzie. Ale oczywiście można, wystarczy to wynaleźć. Mam nadzieję, że jakiś szalony naukowiec teraz nad tym pracuje.

Jony Romero: Flash i Goku mogą.

Doda Senar: Jeżeli mieszkasz w miejscowości Wody, to tak.

38
Dlaczego Ziemia się ociepla?

> Zapominacie, że owoce należą do wszystkich
> a ziemia – nie należy do nikogo.
>
> JEAN-JACQUES ROUSSEAU[4]

Zmiana klimatu – globalne ocieplenie, efekt cieplarniany – to jedno z najpoważniejszych wyzwań, z którymi ludzkość musi się zmierzyć. Mówi się o tym bardzo często we wszystkich wiadomościach, organizacje ekologiczne ostrzegają nas przed klęską, niektóre firmy starają się usilnie ograniczyć emisję dwutlenku węgla (starają się też, żebyśmy się o tym dowiedzieli), politycy debatują i podejmują środki w tym samym celu, jednak to nie wystarczy. Słuchamy tego wszystkiego, ale mało mówimy o naukowych aspektach tego zjawiska. Skąd się bierze ta zmiana klimatu?

Ziemia jest planetą krążącą dookoła Słońca – gwiazdy średniej wielkości, która wytwarza energię przez reakcje jądrowe, które zmieniają wodór w hel. Owa energia przebiega przestrzeń kosmiczną w postaci promieniowania i w ciągu 8 minut i 19 sekund dociera do naszej planety. Część tej energii odbija się od białych, odbijających promienie powierzchni, jak chmury czy polarne czapy lodowe; jest to coś, co nazywa się ziemskim *albedo* (z łac. *albus*, czyli biały, blady) i w ten sposób 37–39% tej energii zostaje odrzucone. Śnieg odbija 86% światła, a białe chmury 78%, z kolei oceany odbijają tylko od 5 do 10%, lasy zaś 8%. Im większe jest *albedo* Ziemi, tym mniej się ona ociepla. Z tego

samego powodu tradycyjnie wiejskie domy maluje się na biało: latem odbijają one znaczną ilość światła i sprawiają, że łatwiej jest wytrzymać upały.

Reszta energii, która nie ulega odbiciu, zostaje wchłonięta przez planetę. Chociaż większość pochłoniętej energii pochodzi ze światła z widzialnego spektrum, Ziemia emituje ją z powrotem w innych częstotliwościach – w podczerwieni, i teoretycznie oddaje ją do przestrzeni kosmicznej, utrzymując w ten sposób równowagę termiczną naszej planety. Jest jednak coś, co przeszkadza tej energii w drodze w kosmos: to gazy efektu cieplarnianego. W największym procencie jest to dwutlenek węgla, ale są wśród nich także woda, ozon, metan i kwas azotowy. Cząsteczki dwutlenku węgla, z powodu swej budowy molekularnej, absorbują właśnie te częstotliwości podczerwieni i z powrotem reemitują energię do atmosfery i na powierzchnię Ziemi. Termin „efekt cieplarniany" pochodzi stąd, że funkcjonuje on w podobny sposób, jak cieplarnie używane w rolnictwie – utrzymują one temperatury wyższe od otaczającego środowiska, pozwalając na hodowanie kwiatów czy warzyw, które w innych warunkach by się nie rozwijały.

Tak więc z powodu gazów efektu cieplarnianego Ziemia nie może oddać części energii, którą otrzymuje z przestrzeni, i w związku z tym się ociepla. Te gazy są konieczne: bez nich średnia temperatura Ziemi wynosiłaby minus 18°C, co bardzo by utrudniło życie; dzięki nim średnia temperatura wynosi 15°C. Niemniej nadmiar ciepła może spowodować podwyższenie się temperatury, globalne ocieplenie, które budzi tyle obaw. A ten nadmiar – jak udowodniła społeczność naukowców – jest produktem działalności ludzi: emisje dwutlenku węgla z urządzeń przemysłowych i rur wydechowych, do tego używanie paliw kopalnych, takich jak węgiel, gaz ziemny czy ropa naftowa, zamiast czystych energii, takich jak słoneczna czy wiatrowa. Od czasu rewolucji przemysłowej pod koniec XVIII wieku koncentracja dwutlenku węgla w atmosferze podniosła się o 40%.

Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC) jest międzynarodowym ciałem doradczym zajmującym się ocenianiem postępowania zmian klimatycznych i proponowaniem rozwiązań;

uczestniczą w nim setki naukowców i specjalistów. IPCC dowiodło z 95-procentową pewnością, że główną przyczyną zmiany klimatu są emisje gazów efektu cieplarnianego, spowodowane przez człowieka.

Niemniej istnieje godny uwagi ruch negujący: uczestnicy tego ruchu twierdzą, że zmiana klimatu jest procesem naturalnym i człowiek nie ma z tym nic wspólnego, poza tym, że nie należy tego uważać za objaw negatywny. Są to zazwyczaj ci, którzy mają w tym swój interes. Na przykład firmy, które nie chcą ograniczać emisji gazów i które potrafią nawet kupować sobie niemoralnych naukowców, aby podtrzymywali i rozpowszechniali fałszywe informacje (zupełnie tak samo jak wtedy, gdy przemysł tytoniowy kontraktował specjalistów, by zaprzeczali negatywnym skutkom palenia papierosów).

To jedna z najsmutniejszych stron działalności naukowej. Nie wolno tym ludziom ufać. Film dokumentalny *Handlarze złudzeń* (2014) w reżyserii Roberta Kennera ujawnia tę oszukańczą działalność. Kolejny dokument (który też polecam), ogromnie wartościowy w rozpowszechnianiu wiadomości o zagrożeniu, jakie niesie ze sobą zmiana klimatu, to *Niewygodna prawda* (Davis Guggenheim, 2006), skupiający się na walce z globalnym ociepleniem Ala Gore'a, amerykańskiego polityka – demokraty i byłego kandydata na prezydenta Stanów Zjednoczonych. Gore i IPCC rok później (2007) otrzymali wspólnie Pokojową Nagrodę Nobla.

Średnia temperatura naszej planety od początku uprzemysłowienia podniosła się prawie o jeden stopień Celsjusza, a każde z trzech ostatnich dziesięcioleci było cieplejsze niż poprzednie. Wzrost o dwa stopnie, jaki według niektórych obliczeń może nastąpić w 2036 roku, byłby punktem krytycznym i katastrofalnym, i dlatego naszym zadaniem jest utrzymanie temperatury poniżej tej granicy. Protokół z Kioto jest międzynarodowym traktatem dotyczącym kwestii zmniejszania emisji i został podpisany i ratyfikowany przez większość państw świata; tymczasem Stany Zjednoczone, jeden z głównych winowajców emisji gazów cieplarnianych, nie ratyfikowały go. Ostatnio (w czerwcu 2017 r.) prezydent Stanów Zjednoczonych Donald Trump zlekceważył (w 2009 r. prosił o walkę w jego sprawie – czysta niespójność) kolejny traktat dotyczący zapobiegania zmianom

klimatycznym, traktat paryski – jest to koronny przykład historycznej krótkowzroczności – zgodnie ze swoją dewizą: *America First* (Przede wszystkim Ameryka).

W 2012 roku, zanim został wybrany prezydentem, zapowiadał na Twitterze swoje zamiary: „Globalne ocieplenie to wymysł Chińczyków, żeby Stany Zjednoczone były dla nich mniej konkurencyjne".

Słowo w słowo. Szału można dostać! Najgorsze, że to nie mieszkańcy Stanów Zjednoczonych będą największymi ofiarami tego zagrożenia, które on neguje, ale, o dziwo, najbardziej ucierpią kraje biedne i mniej zatruwające środowisko.

Metan (CH_4) to gaz bezbarwny i nietoksyczny, powstający w naturalny sposób w procesie rozkładu materii organicznej w otoczeniu, w którym brak tlenu. Ten proces zachodzi w głębi mórz, jezior, rzek lub pod pokrywą lodową na biegunach… a także w systemie trawiennym ssaków przeżuwających. Wchodzą tu w grę owce i krowy, które bardzo lubię (choć nie jestem weganinem!). Dlatego chociaż proporcjonalnie ilość dwutlenku węgla jest większa, potencjał ocieplania metanu jest o wiele wyższy i hodowla bydła jest odpowiedzialna za jedną czwartą emisji metanu na naszej planecie, gdyż rocznie jest ona źródłem ponad stu milionów ton tego związku.

Metan wytwarzamy również na wysypiskach śmieci i podczas eksploatacji oraz rozprowadzania paliw kopalnych. Najgorsze jest to, że globalne ocieplenie karmi się samo sobą. Na przykład przez to, że lód na biegunach taje, a potężna ilość metanu, dotychczas tkwiąca od tysiącleci w lodzie, zostaje na nowo wyemitowana do atmosfery. Pod koniec XXI wieku, jeżeli nadal tak będzie, prawdopodobnie emisja metanu przewyższy emisję dwutlenku węgla.

Być może, zakładając rozsądniejsze spożycie wołowiny, moglibyśmy coś zrobić. Ale w tym wypadku tracę swój zwykły optymizm. Tylko w USA konsumpcja wołowiny – największa na świecie – wynosi rocznie około sto kilogramów na osobę, czyli 20% konsumpcji na całej ziemi. W Hiszpanii jest to tylko 10 kg, najmniej w Unii Europejskiej, ponieważ jemy o wiele więcej drobiu i wieprzowiny, jednak i tak konsumujemy rocznie około 50 kg mięsa na osobę.

Nie mówiąc już o zużyciu benzyny. Liczby budzą przerażenie. W USA dziennie zużywa się 19 milionów baryłek paliwa – około 20% światowego zużycia, a następne są Chiny z 10 milionami. Myślę, że naszym amerykańskim przyjaciołom przydałoby się więcej ćwiczeń fizycznych i diety śródziemnomorskiej… No i właściwszego wybierania swoich prezydentów: będą wtedy zdrowsi, szczuplejsi i mniej zestresowani, a nasza planeta nie znajdzie się z ich winy w niebezpieczeństwie… albo ta groźba będzie o 20% mniejsza.

A jakie jest to zagrożenie? Dlaczego nie powinniśmy pozwolić, żeby Ziemia się ocieplała? Najpoważniejszym skutkiem tego ocieplenia jest roztapianie się lodu na biegunach i podnoszenie się poziomu mórz, co powoduje zatopienia wybrzeży, a także wytwarza fale gorąca, pożary i susze. Są ludzie, którzy widzą związek pomiędzy globalnym ociepleniem a wzrostem liczby huraganów i innych katastrof klimatycznych. Skutki ekonomiczne dotknęłyby wówczas infrastruktury, turystyki, rolnictwa itd. Ponadto zmniejszenie różnorodności przyrody mogłoby źle wpłynąć na wiele gatunków zwierząt i roślin.

Co można zrobić? Pamiętajmy, że największą odpowiedzialność w kwestii powstrzymania zmian klimatu ponoszą politycy i ich ustawy. Ale że bardzo słabo ufam większości z nich, a także powątpiewam w możliwości niektórych krajów właściwego wyboru swoich przywódców, starajmy się, my wszyscy, dołożyć swoją cegiełkę: korzystajmy rzadziej z samochodu, a częściej z transportu publicznego, używajmy żarówek energooszczędnych i bardziej wydajnych urządzeń domowych, zużywajmy mniej gorącej wody, segregujmy śmieci, nie nadużywajmy klimatyzacji, a poza tym sadźmy drzewa, bo one pochłaniają dwutlenek węgla! Namawiam cię do tego wszystkiego, aby uniknąć groźby, że nasz wspólny dom zbyt się nagrzeje.

Jak powiedział Gandhi: „Każda rzecz, jaką robimy, jest bez znaczenia, ale wielkie znaczenie ma to, że ją robimy!”. A to jest w naszej mocy.

Zadałem pytanie na portalach społecznościowych: „Dlaczego Ziemia się ociepla?”.

Odpowiedzieliście:

Instagram:

19gda91: Bo patrzy na nagie Słońce i się ekscytuje :D

Facebook:

Gina Cardona: Bo jej się robi gorąco, kiedy słucha tego ględzenia

Manuel Silva: Bo jej szepczę do ucha różne świństewka. :D

39
Jak będą wyglądały mapy przyszłości?

Trzydzieści lat temu egzamin z geografii państw i stolic europejskich nie był zbyt trudny. Musiałeś się najwyżej nauczyć, że stolicą Cypru jest Nikozja, a Malty – Valletta. Pozostałe słyszałeś codziennie tyle razy, że właściwie nie musiałeś się ich uczyć. Jednak i Związek Radziecki, i Jugosławia podzieliły się na kawałki i teraz trzeba się uczyć o takich krajach, jak Uzbekistan, Macedonia czy Azerbejdżan. I znać ich stolice. Przy tylu granicach więcej egzaminy są trudniejsze.

To oczywiście nic nowego. Na przestrzeni długiej historii ludzkości padały wielkie imperia, tworzyły się kolejne, powstawały nowe kraje, nowe regiony, nowe stolice. Ale to ostatecznie są mapy polityczne – a to, co przypada nauce, to coś innego: czy mapy geograficzne też się zmieniają? Czy zmienia się kształt kontynentów, czy zmieniają się odległości pomiędzy nimi? Wreszcie, czy wygląd powierzchni Ziemi też się zmienia? A wobec tego, jak będą wyglądały mapy przyszłości?

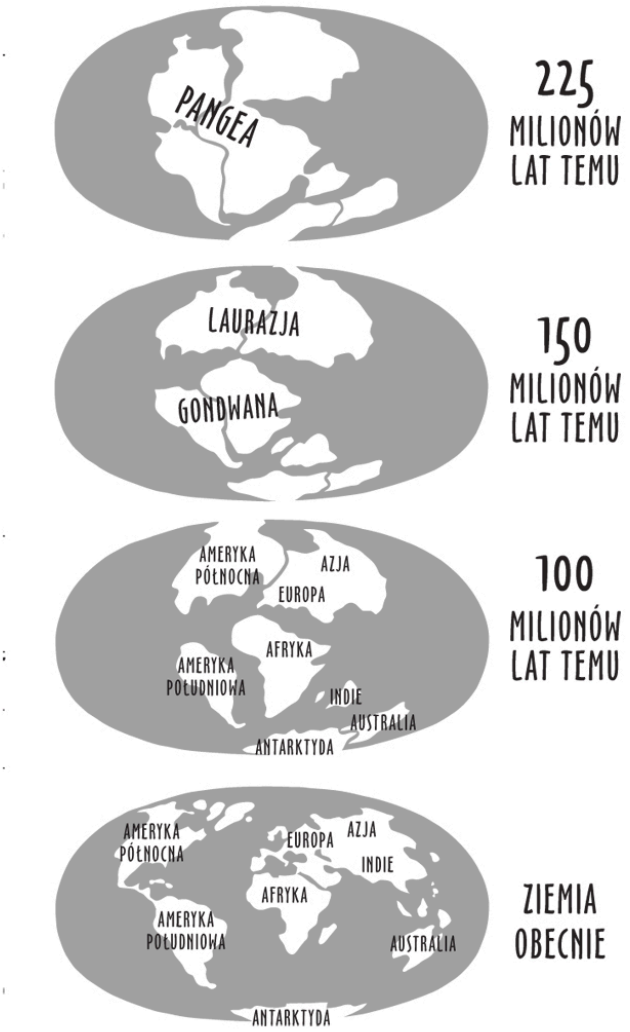
Odpowiedź brzmi: tak.

Planeta Ziemia na przestrzeni dziejów ulegała zmianom, a i w przyszłości także się przeobrazi. Prawdę mówiąc, zmienia się w każdej chwili, chociaż nie zdajemy sobie z tego sprawy. Pierwszym, który to dostrzegł, był niemiecki meteorolog i geofizyk Alfred Wegener (1880–1930), a swoje spostrzeżenia przedstawił w opracowanej w 1912 roku teorii wędrówek kontynentów. Najistotniejszą obserwacją, której dokonał uczony, podobnie jak wielu innych, jak Francis Bacon, Alexander von Humboldt czy Benjamin Franklin, była ta, że zachodni profil wybrzeży Afryki i wschodni Ameryki Południowej wydają się

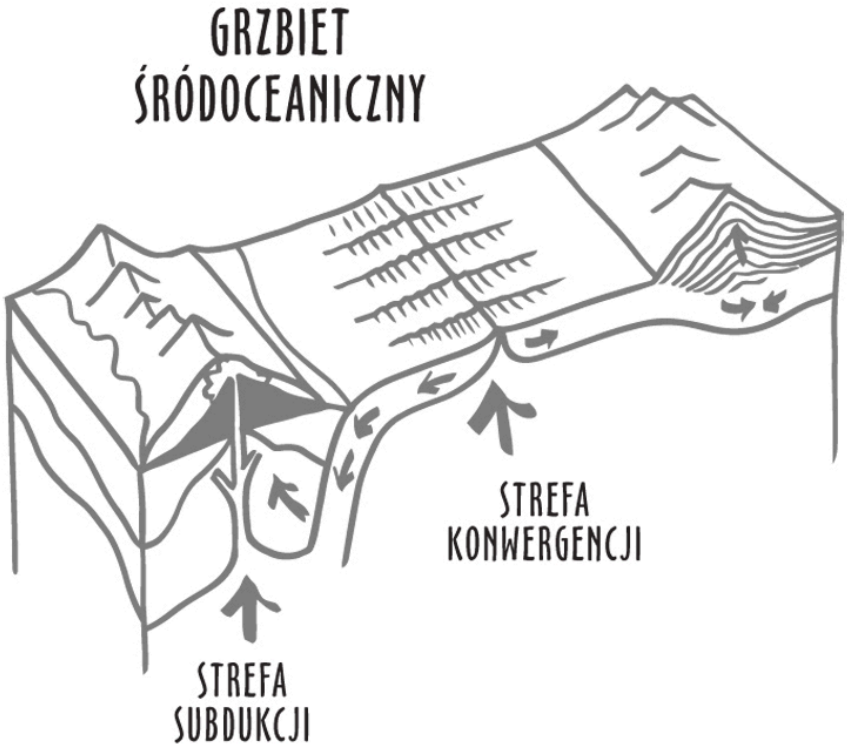
pasować do siebie niczym dwa elementy układanki, tyle że odległe od siebie o tysiące kilometrów i rozdzielone Oceanem Atlantyckim. Sprawiają wrażenie, jakby niegdyś te oba wybrzeża były ze sobą połączone. O tym właśnie mówi Wegener w swojej teorii.

Nie tylko Ameryka i Afryka były niegdyś połączone, ale wszystkie kontynenty – bardzo dawno temu (jakieś 300 milionów lat temu, pod koniec okresu karbonu) były jedną wielką masą ziemi, pierwotnym superkontynentem, utworzonym z kolei z innych, poprzednio istniejących kontynentów. Nazywamy go Pangeą. A istniejące wtedy morze, też jedno, nazywamy Panthalassą. Tak było aż do czasu, kiedy jakieś 150 milionów lat temu Pangea podzieliła się na Gondwanę na południu i Laurazję na północy, rozdzielone Morzem Tetydy.

Z pierwszej powstały Ameryka Południowa, Afryka, Indie, Australia, Antarktyda, a z drugiej – Europa, Ameryka Północna i północna część Azji. Jak wiele innych wielkich teorii, idee Wegenera zostały odrzucone, nie brano ich na serio; uczony zmarł nieuznany i dopiero trzydzieści lat później zajęto się nimi na nowo, aż w końcu zostały jednogłośnie zaaprobowane przez całą społeczność naukowców, już przeświadczonych o tym, że kontynenty się poruszają. Robią to nadal (ściśle o 2,5 centymetra na rok, zatem mniej więcej z taką samą szybkością, z jaką rosną nam paznokcie). Zatem Ameryka Południowa i Afryka co rok nieubłaganie się oddalają. O jeden cal. Są coraz dalej od siebie.



Jak to możliwe, że coś, co uważamy za najbardziej pewne i nieruchome – czyli grunt pod naszymi nogami – tak bardzo się poruszał i nadal to robi? To dlatego, że kontynenty są olbrzymimi płytami (to płyty tektoniczne, tworzące litosferę, najbardziej zewnętrzną i najtwardszą część planety o grubości od 100 do 250 kilometrów), które pływają na innych materiałach wnętrza Ziemi. Są jakby ruchomymi wyspami w morzu gęstej, półpłynnej skały, zwanej astenosferą, stanowiącej najwyższą część płaszcza ziemskiego. Ten dryf kontynentów jest spowodowany ruchami konwekcyjnymi tej części Ziemi.



Kontynenty poruszają się niezmiernie powoli, ten ruch ma jednak bardzo znaczące konsekwencje: są to erupcje wulkanów i trzęsienia ziemi. Kiedy podczas stałego przemieszczania się płyty tektoniczne zderzą się ze sobą, zazwyczaj następuje subdukcja (jedna z płyt wślizguje się pod drugą), a powstałe przy tym tarcie zmiękcza płaszcz Ziemi (to zjawisko powoduje powstawanie wulkanów) lub stopniowo zwiększa ciśnienie, któremu są poddane płyty, co wytwarza w nich pęknięcia, zwane uskokami, gdzie często powstają trzęsienia ziemi.

Uskok San Andreas w Kalifornii, gdzie zbiegają się ze sobą płyty tektoniczne północno-amerykańska i pacyficzna, tworzy część tzw. Pacyficznego Pierścienia Ognia, pierścienia uskoków i wulkanów, który biegnie od Argentyny aż do Nowej Zelandii i okrąża rozmaite kontynenty, otaczając ocean. Tam zazwyczaj zdarzają się najgwałtowniejsze na naszej planecie trzęsienia ziemi (i wskutek tego czasem również tsunami), które odgrywają główną rolę nie tylko w filmach (*Niemożliwe, San Andreas, Superman*), ale również, niestety, w prawdziwych katastrofach. Na przykład we wrześniu 2017 roku Meksyk nawiedziło trzęsienie ziemi o magnitudzie 7,1, które spowodowało śmierć 370 osób i niezliczone szkody materialne.

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Największe zarejestrowane trzęsienie ziemi odnotowano w Valdivia w 1960 r. (znane jest również jako wielkie trzęsienie chilijskie) i miało magnitudę 9,5 stopnia (M_W). Kosztowało ono życie kilku tysięcy osób i pozbawiło ponad dwa miliony ludzi dachu nad głową. Wstrząsy sejsmiczne były zauważalne na połowie planety i spowodowały wybuch chilijskiego wulkanu Puyehue oraz potężne

tsunami, które objęło niemal cały Pacyfik (włącznie z Hawajami i Japonią).

Magnituda (M_W), następczyni skali sejsmologicznej Richtera (ML), to liczbowa miara wielkości trzęsienia ziemi, oparta na wielkości tzw. momentu sejsmicznego. Została wprowadzona w 1978 r. przez Thomasa C. Hanksa i Hiroo Kanamori.

W przypadkach, kiedy nie ma katastrof (o ile wiemy, bo mogły się wydarzyć tysiące lat temu, zatem nie mamy pewności), wielkie łańcuchy górskie (Ural, Atlas, Apeniny czy Appalachy) też powstały dzięki ruchowi i przemieszczaniu się płyt tektonicznych. Na przykład Pireneje powstały, kiedy zetknęły się ze sobą płyta iberyjska i europejska. No i naturalnie Himalaje – największy łańcuch górski na naszej planecie – wypiętrzyły się z powodu kolizji płyt Indii i północnej Azji. Biorąc pod uwagę cechy tych płyt, uderzenie musiało być tak ogromne, że mogły się z niego narodzić tylko najwyższe szczyty Ziemi (czternaście ośmiotysięczników, czyli szczytów liczących ponad 8000 m n.p.m.). Również w strefach subdukcji powstawały rowy oceaniczne, jak Rów Mariański o głębokości blisko 11 kilometrów, o wiele bardziej widoczny i drastyczny dla skorupy ziemskiej niż szczyt Mount Everestu (tyle że odwrotnie, z góry na dół).

Skąd bierze się siła, która popycha płyty tektoniczne do tego, żeby się nawzajem atakowały i wytwarzały takie zjawiska, jak subdukcja, wulkany, trzęsienia ziemi, łańcuchy górskie, podmorskie rowy itd.? Otóż od grzbietów śródoceanicznych. Są to wypiętrzenia o wysokości od 2000 do 3000 metrów, znajdujące się pośrodku oceanów na Ziemi, gdzie bez przerwy z ich licznych szczelin wydziela się magma (lawa). Tak powstają wyspy wulkaniczne, jak Galapagos, i nowa litosfera oceaniczna, która następnie zderza się z innymi płytami. Właśnie dlatego Ameryka Południowa jest coraz dalej od Afryki i dlatego mapa przyszłości będzie inna, ponieważ świat bez przerwy się zmienia.

Jaka zatem będzie Ziemia za 250 milionów lat? Zupełnie inna, zgodnie z badaniami geologa Christophera Scotese z Uniwersytetu stanu Teksas, twórcy projektu Paleomapy. Ten naukowiec próbuje

narysować mapę Ziemi w ciągu ostatnich 1100 milionów lat, a także mapy przyszłości, które prowadzą do nowego superkontynentu, ochrzczonego przez niego Pangea Ultima (lub Pangea Proxima, ponieważ później nadal się będzie ona zmieniała). W przyszłości Morze Śródziemne ma zniknąć, co połączy Afrykę z Europą, Australia połączy się z Azją, oba zaś subkontynenty amerykańskie również staną się częścią nowego, jednego kontynentu.

Zwolennicy brexitu mogą być spokojni, ponieważ Zjednoczone Królestwo nadal pozostanie samotną wyspą!

Ale uwaga: macie już tylko kilka milionów lat, żeby pojechać na Minorkę, zanim Morze Śródziemne zniknie z powierzchni Ziemi!

40
Wszystko, czego nie dostrzegamy we Wszechświecie

To, co wiemy, jest kroplą wody;
to, czego nie wiemy, jest oceanem.

IZAAK NEWTON

Pewnego dnia słuchałem z przejęciem (i jak pamiętam, umierałem ze śmiechu) swojego przyjaciela nazwiskiem Eduardo Sáenz de Cabezón, matematyka, profesora Uniwersytetu w Rioja, kiedy mówił o ciemnej materii dużej grupie studentów fizyki. To było wspaniałe, nie tylko dlatego, że mój przyjaciel jest jednym z największych zapaleńców i wesołków, jakich znam (jego monolog „Twierdzenie jest na zawsze" i jego kanał „Zbaczając z kursu" są najlepsze), ale ponieważ jest w dodatku odważny.

Pomyśl, powiedzieć im wszystkim, że są studentami fizyki dlatego, że nie odważyli się zostać matematykami...!

Rzecz polega na tym, że pół żartem, pół serio bajdurzył o tym, dlaczego ciemna materia właśnie się tak nazywa:

„Wyobraźcie sobie: laboratorium fizyczne sprzed lat, mnóstwo astronomów zachwycających się ruchem galaktyk; nie do przewidzenia, nie wiedzą dlaczego, nie potrafią przewidzieć 95% spraw... – Co robimy? – pyta z niepokojem jeden z fizyków. – Nie możemy zapisać czegoś,

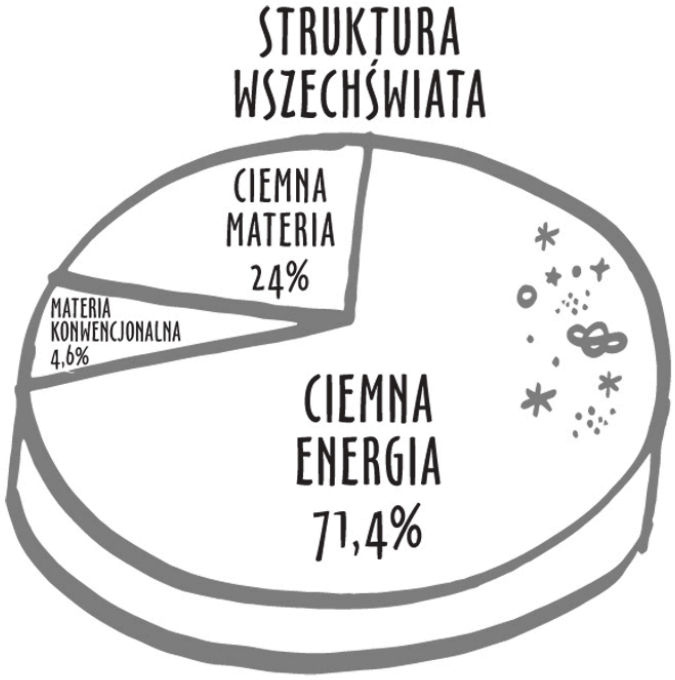
o czym nie mamy pojęcia. Co robimy, żeby pasowało? Może to nazwiemy ciemną materią – Dobra, jedziemy…”.

Kiedy ktoś patrzy na rozgwieżdżony firmament, jest zaskoczony wspaniałością i ogromem Wszechświata: gigantyczną ciemnością upstrzoną gwiazdami. To zupełnie jak wirtualna podróż w przeszłość, bo przecież wiele z tych gwiazd, które widzimy, już nie istnieje, a to, co obserwujemy, to światło, które wysłały tysiące lat temu, czyli tyle, ile czasu temu światłu zabrało dotarcie do nas. Być może już ich tam nie ma, wygasły.

Mało jest równie romantycznych rzeczy w nauce.

Cała informacja, która dociera do nas z kosmosu, ma formę promieniowania elektromagnetycznego, które chwytamy oczyma albo narzędziami techniki: to światło widoczne, podczerwień, ultrafiolet, fale radiowe, promienie X itd. (teraz, po niedawnym odkryciu fal grawitacyjnych, otwiera się nowy rodzaj astronomii oparty na drganiach czasoprzestrzeni). Okazuje się jednak, że – podobnie jak „nie wszystko złoto, co się świeci” – Wszechświat nie jest tylko tym, co błyszczy. Istnieje jego wielka część, która do niedawna pozostawała ukryta przed naszymi oczyma i aparatami i która nadal jest dla nas tajemnicą.

Mowa o ciemnej materii – rodzaju materii, stanowiącej 27% materii-energii Wszechświata, która nie jest ciemną energią (rodzajem antyciężaru, który powoduje rozszerzanie się Wszechświata) ani znanymi z oddziaływań słabych zwykłymi neutrinami. Ponieważ nie emituje żadnego rodzaju promieniowania elektromagnetycznego (jak światło), nazwa pasuje jak ulał. Materia konwencjonalna, czyli ukształtowana przez atomy, jak te, z jakich składają się nasze ciała, nasza planeta czy ta książka, którą w tej chwili czytasz, stanowi około 5% całej masy Wszechświata; jest w niepokojącej mniejszości w stosunku do całej reszty (poprzednio udowodniliśmy, że jesteśmy tylko drobiną i powinniśmy być skromni).



Jeżeli ciemna materia niczego nie emituje ani nie wchodzi w reakcje z promieniowaniem elektromagnetycznym, skąd zatem wiemy, że istnieje? Otóż dzięki jej wpływowi na materię świecącą, jak na przykład poprzez oddziaływanie grawitacyjne. Jest tak nieznana, że należy ją porównać z takimi miejscami jak *terra incognita* na starych mapach – miejscami, o których nic nie było wiadomo i o których mówiono, że czają się tam jakieś straszliwe potwory. To jednak coś innego: we Wszechświecie nie ma dziwacznych potworów jak w baśniach H.P. Lovecrafta (na wszelki wypadek odpukajmy w niemalowane drewno).

Astronom Fritz Zwicky zasugerował między innymi możliwe istnienie ciemnej materii na podstawie obserwowania nieregularnych i niewytłumaczalnych ruchów gromady galaktyk Warkocza Bereniki (galaktyki wewnątrz gromady poruszają się z szybkościami nieprzewidzianymi w teorii). Społeczność naukowców nie bardzo brała pod uwagę jego obserwacje, jednakże żadna obowiązująca wtedy teoria nie potrafiła wyjaśnić owych odkrytych już anomalii i przez wiele lat pozostawały one bez wytłumaczenia.

Tak było aż do 1974 roku, kiedy amerykańska astronom Vera Rubin odkryła, że gwiazdy poruszające się na obrzeżach galaktyk robią to o wiele szybciej, niż wynikało z obserwowanej świecącej masy galaktyki i prawa powszechnego ciążenia. Teoretycznie, jak to jest w wypadku planet Układu Słonecznego, gwiazdy położone najbliżej centrum powinny obracać się szybciej niż te bardziej odległe (tak samo jak Neptun krąży dookoła Słońca wolniej niż Merkury, zgodnie z prawami Keplera i Newtona). Prędkości zaobserwowane przez Rubin nie pasowały do tak zwanych krzywych rotacji (zależność prędkości orbitalnej gwiazd w stosunku do ich odległości od centrum galaktyki). Niektóre z gwiazd potrafiły nawet z dużą szybkością wylatywać poza galaktykę. Działo się coś dziwnego.

Istniały dwie możliwości: albo nasze prawa grawitacji są błędne i trzeba będzie poprawiać fizykę, która osiągnęła już tak wysoki poziom, albo musi się tam coś kryć, co wyjaśniałoby owo zjawisko, coś, co przyciąga grawitacyjnie, nie emitując jednak światła (dlatego nie możemy tego widzieć). Zatem istnieje możliwość, że galaktyki nie są tylko świecącą kulą czy spiralą, którą widzimy, ale że są dodatkowo zanurzone w ogromnej masie (do dziewięciu razy większej niż całkowita masa galaktyki), tworzącymi gigantyczną aureolę, jakiej nie jesteśmy w stanie zobaczyć. Tę aureolę nazwano ciemną materią, takim „potworem", który zamieszkuje *terra incognita* na średniowiecznych mapach. W ten sposób można wytłumaczyć nienormalne zachowania gwiazd. Również inne zjawiska, takie jak soczewki grawitacyjne, mikrofalowe promieniowanie tła czy ruch niektórych galaktyk, potwierdzają to ostatnie odkrycie.

Odkrycie Very Rubin zmieniło całkowicie historię astronomii.

BOHATERKI BEZ PELERYN: Kiedy w 1948 r. ukończyła swoje studia artystyczne (które doradzono jej jako kobiecie), Vera Rubin próbowała bez powodzenia dostać się do Princeton na studia astronomiczne (aż do 1975 r. kursy

podyplomowe tej dyscypliny były na tym uniwersytecie niedostępne dla kobiet). Na szczęście Verze Rubin udało się dostać na fizykę na Uniwersytet Cornella, gdzie zetknęła się z najważniejszymi fizykami XX w., takimi jak Richard Feynman czy Hans Bethe. W swojej pracy doktorskiej, napisanej na Uniwersytecie Georgetown, której promotorem był George Gamow, wykazała, że galaktyki nie zajmują miejsc we Wszechświecie przypadkowo, ale że żyją w wielkich skupiskach – gromadach galaktyk. Jedenaście lat później opuściła Georgetown i otrzymała stałe stanowisko w Instytucie Carnegie w Waszyngtonie, gdzie poznała Kenta Forda, wspólnie z którym starała się wyjaśnić prawo Hubble'a i odchylenia galaktyk w sytuacji globalnej ekspansji Wszechświata. Kiedy studiowała ruchy gwiazd na obrzeżach Galaktyki Andromedy, dokonała swojego największego odkrycia.

W ciągu kolejnych lat, oprócz tego, że nadal starała się rzucić nieco światła na problem ciemnej materii, poświęciła dużą część życia staraniom, aby kobiety miały możliwość podejmowania kariery naukowej. Jak to, niestety, często bywa, nigdy nie uznano jej zasług za wystarczające do uzyskania Nagrody Nobla w dziedzinie fizyki. Przynajmniej – chociaż nie jest to wystarczające dla uczczenia jej zasług – jej nazwiskiem nazwano asteroidę 5726. Praca Rubin była i jest nadal inspiracją dla tysięcy kobiet na całym świecie. Pozwól, Vero, że podziękuję ci w imieniu ich wszystkich.

Zjawisko ma już swoją nazwę, natomiast natura ciemnej materii nadal pozostaje jedną z największych zagadek nauki. Czym jest? Z czego się składa? Wiemy, że nie świeci i nie reaguje z promieniowaniem elektromagnetycznym. Nie wiadomo, czy porusza się z prędkościami relatywistycznymi ani czy jest stała w czasie... Niemniej jednak, jeśli uciekniemy się do „standardowego modelu", obowiązującej teorii, która studiuje i klasyfikuje cząsteczki tworzące kosmos (kwarki, elektrony itd.), okaże się, że nie ma tam nic, co by pasowało do poszukiwanych cech. Myślano także, że może składać się z planet, nieświecących gazów, brązowych karłów, jednym słowem – z takiej materii, jaką znamy, tyle że nieświecącej, takiej samej, ale bez światła, z tego, co nazywamy ciemną materią barionową, czyli złożoną

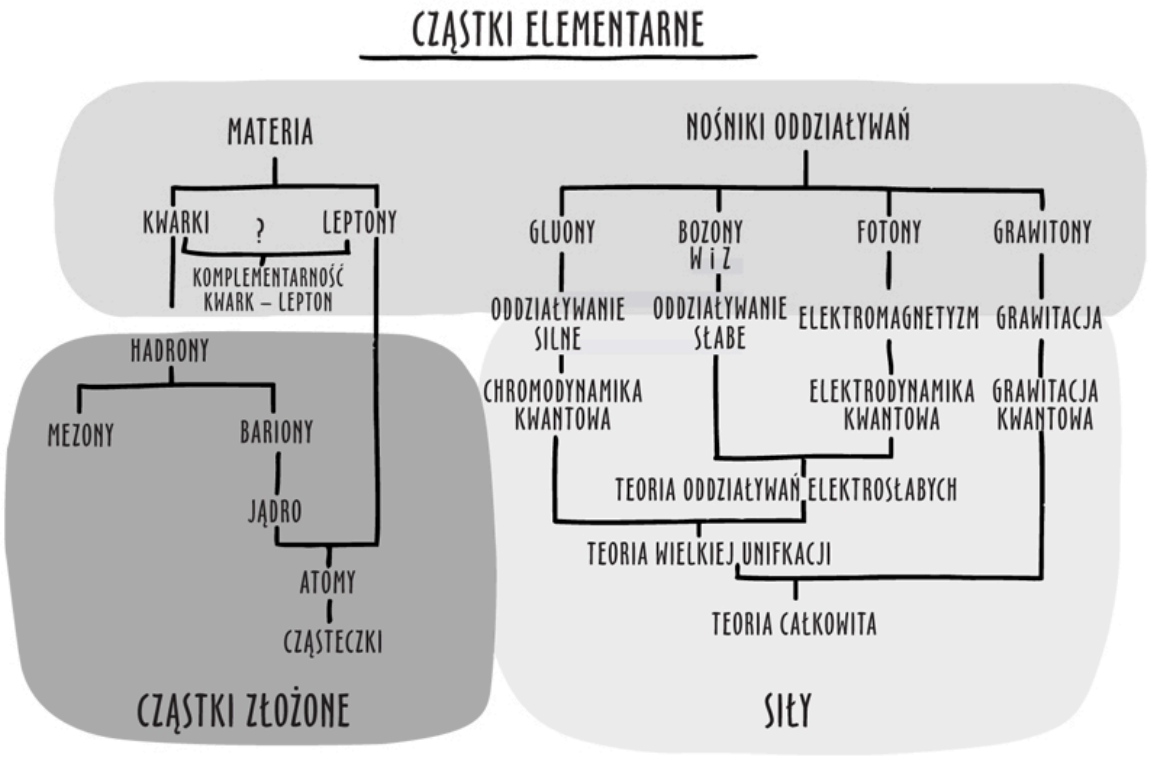
z barionów (są to cząstki takie jak neutrony czy protony, złożone z trzech kwarków).

CIEKAWOSTKA NAUKOWA: Elektrony, protony i neutrony tworzą atomy: są one cząstkami elementarnymi, o których się uczyłem w szkole zgodnie z teorią atomistyczną Daltona (mówiliśmy o nim, kiedy omawialiśmy zjawisko daltonizmu). Jednak od lat osiemdziesiątych XX w. wszystko się zmieniło, gdy starano się wytłumaczyć zjawiska fizyczne, dla których nie znaleziono żadnego wyjaśnienia według modelu Daltona. Na przykład w zależności od swojej masy cząstki elementarne grupują się generacjami po trzy, jak w drzewie genealogicznym, w którym każde pokolenie jest takie samo jak poprzednie, ale masywniejsze. Najlepsze są nazwy. W pierwszym pokoleniu: elektron, neutrino elektronowe, kwark górny i kwark dolny; w drugim: mion, neutrino mionowe, kwark dziwny i kwark powabny; wreszcie w trzecim, ostatnim: taon, neutrino taonowe, kwark niski (zwany również pięknym) i kwark wysoki (zwany również prawdziwym). Istnieje więcej rodzin cząstek elementarnych, jak w *Grze o tron*, ale tym razem dzielimy je, biorąc pod uwagę teorie, które opisują ich interakcje: leptony, mezony, bariony, grawitony (dotąd niezaobserwowane), hadrony, gluony itd.

O ile łatwiej było kiedyś… Zupełnie jak ze stolicami państw europejskich.

Mimo to wszystko wydaje się wskazywać, że ta ciemna materia musi być całkowicie odmienna od zwykłej materii, tej, z którą my, naukowcy (i cała reszta), mamy codziennie do czynienia. Obecnie badacze z całego świata usilnie próbują zaplanować doświadczenia, by wykryć rodzaj materii, która prawie z niczym nie reaguje. Powstają hipotezy istnienia cząstek masywnych, słabo oddziałujących (WIMP), które reagują na siłę grawitacyjną i słabą siłę jądrową. Teraz to tylko hipoteza, jednak jeśli one istnieją, powinny być tak liczne, żeby mogły być odpowiedzialne za

obserwowane efekty, 10^{23} cząstek (1 i 23 zera) powinny w ciągu jednej sekundy przelatywać przez nasze ciała. A my byśmy o tym nic nie wiedzieli.



Inna możliwość – jeszcze niepotwierdzona – wyjaśnienia budowy ciemnej materii to aksjony, cząsteczki o bardzo małej masie i bez ładunku elektrycznego, coś w rodzaju dziwnych fotonów (uważa się, że aksjony i fotony mogą się przemieniać jedne w drugie). Pasjonująca tajemnica nadal istnieje, jednak doświadczenia są coraz bardziej subtelne i są tacy, którzy uważają, że rozwiązanie może zostać znalezione już w przyszłym dziesięcioleciu.

Jak w wypadku ciemnej materii, podczas prób rozwiązania niewyjaśnionych zjawisk fizycznych rodzą się liczne teorie, chociaż czasami potrzeba wielu lat, żeby okazało się, że są prawdziwe. Tak było z bozonem Higgsa – teoretycznym pomysłem cząstki elementarnej, za pomocą której Peter Higgs starał się w 1964 roku wytłumaczyć pochodzenie masy cząstek elementarnych – cząstka ta wyjaśnia, dlaczego ciała mają tę, a nie inną masę i przeciwstawiają się ich

przyspieszaniu (im większą masę coś posiada, tym trudniej to wprawić w ruch albo zatrzymać). Przez wiele lat było to po prostu jeszcze jedną teorią: nasz wybitny fizyk dożył wieku emerytalnego, a jego teoria nadal nie była potwierdzona. Jednym z najbardziej wzruszających obrazów, jakie pamiętam w związku z nauką, jest wideo autorstwa dawnych studentów, na którym widzimy, jak ze łzami radości informują Petera w jego własnym domu o tym niewiarygodnym sukcesie – po prawie pięćdziesięciu latach!

Bozon Higgsa stanowi kwant pola Higgsa (najmniejsze możliwe wzbudzenie tego pola). Nie posiada spinu, ładunku elektrycznego ani koloru; jest bardzo niestabilny i błyskawicznie się rozpada; średni czas jego życia mieści się w granicach zeptosekundy (10^{-22}; w jednej sekundzie jest tysiąc trylionów zeptosekund, więc ten czas jest naprawdę bardzo krótki).

Bozony powstały w ciągu milionowej części sekundy po Wielkim Wybuchu, jeszcze zanim powstała materia. I nadal są obecne we Wszechświecie.

W dniu 14 marca 2013 roku, po wielu latach badań, eksperymenty ATLAS i CMS w Wielkim Zderzaczu Hadronów w CERN potwierdziły słuszność tezy Higgsa, który wraz z François Englertem otrzymał Nagrodę Nobla w dziedzinie fizyki.

Chociaż nie ma w niej nic boskiego (samemu Higgsowi bardzo się nie podobało, że ją tak nazwano), przydomek tej cząsteczki pochodzi z książki laureata Nagrody Nobla Leona Ledermana i pisarza Dicka Teresi: *Boska cząstka. Jeśli Wszechświat jest odpowiedzią, jak brzmi pytanie?* Jest to zabawna książka o historii nauki o cząstkach elementarnych, poczynając od czasów starożytnych. Dziennikarzy ta nazwa zachwyciła, ale potem Lederman próbował się tłumaczyć, zapewniając, że w rzeczywistości chciał ją zatytułować *The Goddam Particle* (Przeklęta cząstka) z powodu trudności, z jakimi ją odkryto i z ogromnymi funduszami, jakie na to wydano. Tak czy owak, warto było.

Istotne jest, że choć nie wiemy, czym jest ciemna materia, to jej znaczenie dla fizyki jest fundamentalne. Prawdę mówiąc, zawsze bierze się ją pod uwagę przy wykonywaniu modeli kosmosu, przy studiowaniu powstawania, ewolucji i ruchu galaktyk oraz samego Wszechświata.

Mówi się zazwyczaj, że ciemna materia dominuje we Wszechświecie (bo tak jest), ale ponadto jest jedną z tych granic nauki, które dowodzą, że jest jeszcze bardzo wiele do odkrycia i że, być może, nigdy nie uda się nam odkryć wszystkiego. W gruncie rzeczy zawsze będzie jakaś „ciemna strona". Po ciemnej stronie Mocy stał Darth Vader – niemal niezwyciężony. Po ciemnej stronie nauki stoją naukowcy, którzy nie przestają pastwić się nad światem, żeby wydobyć na światło dzienne jego najgłębiej skrywane sekrety.

Przypisy

[1] Przekłady cytatów, jeśli nie podano inaczej, pochodzą od tłumaczki.

[2] Więc wyceluj we mnie swoją lampę błyskową
Więc wyceluj we mnie swoją lampę błyskową
Wiesz, że nie mam nic do ukrycia
Wiesz, że nie mam nic
Wiesz, że nie mam... nic
Przekład: M. Ossowska (Tekst piosenki *Reflektory oczu*).

[3] Przekład: Krystyna Rodowska.

[4] Przekład: Maciej Starzewski